Bibl.Sud. 2458 -1,1

XII 7

450

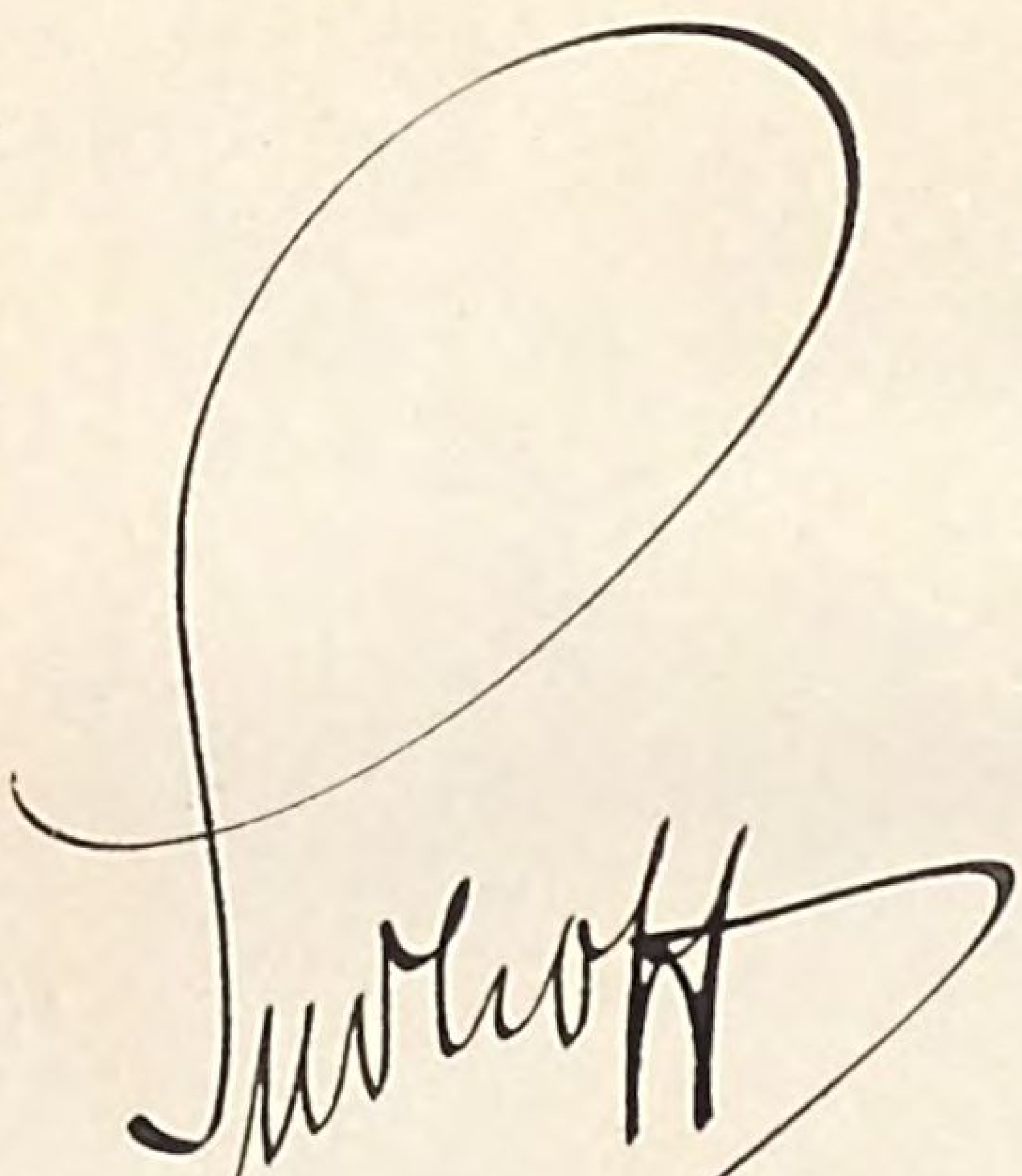
<36625215660014 S

<36625215660014

Bayer. Staatsbibliothek
F,FS

11/7. 9

I. 1/2. 24.—



1922

42

CZERMAK'S
GESAMMELTE SCHRIFTEN.

ERSTER BAND.

GESAMMELTE SCHRIFTEN

VON

JOH. NEP. CZERMAK,

VORM. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE IN LEIPZIG.

IN ZWEI BÄNDEN.

ERSTER BAND.

WISSENSCHAFTLICHE ABHANDLUNGEN.

MIT 27 LITHOGR. TAFELN UND 61 HOLZSCHNITTEN.

I. ABTHEILUNG,

ENTHALTEND

ABHANDLUNG I—XLI, TAFEL 1—21 UND 4 HOLZSCHNITTE.

LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1879.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

VORWORT.

In Erfüllung pietätsvoller Pflicht gegen einen theuern Verstorbenen, dessen Andenken in ehrenvoller Weise gesichert werden sollte, und im Dienste der Wissenschaft, welcher Johann Nepomuk Czermak sein Leben und seine Kräfte erfolgreich und aufopfernd gewidmet hatte, ist die vorliegende Sammlung seiner Schriften veranstaltet worden. Dieselbe wendet sich an die Freunde Czermak's und an seine Berufsgenossen, welche gewiss alle auch unter dem ersteren Namen eingereiht werden dürfen. Die Freunde des Verstorbenen sollen ein treues und klares Bild seines rastlosen Strebens und seiner nur allzufrüh beschlossenen Thätigkeit empfangen, den Berufsgenossen aber und Fachmännern soll die hoffentlich erwünschte Gelegenheit geboten werden, die Forschungen und Arbeiten Czermak's, bisher in mannigfachen und nicht immer leicht und rasch zugänglichen Werken und Zeitschriften zerstreut, vollständig und vereinigt zu besitzen.

Es schien diese Doppelabsicht am besten durch die chronologische Anordnung und die Gliederung des Stoffes, jenachdem der Verfasser engere Fachkreise oder weitere Schichten

der Gebildeten vor Augen hatte, erreicht zu werden, wenn auch nicht geleugnet werden soll, dass eine Eintheilung der Schriften nach den Disciplinen, in welchen Czermak's Thätigkeit sich bewegte, einzelnen nicht unberechtigten Wünschen vielleicht besser entsprochen hätte. Die Entscheidung wurde durch die Erwägung herbeigeführt, dass durch die chronologische Ordnung die persönliche Entwickelung des Verfassers und die Weise, wie die verschiedenen wissenschaftlichen Interessen während seines Lebenslaufes aufeinander folgten und in seinem Geiste sich ablösten, in das hellste Licht gestellt und so ungezwungen und sachlich ein Bild seines innern Lebens gezeichnet wird.

Der erste Band umfasst in zwei Abtheilungen die streng wissenschaftlichen Schriften und Aufsätze Czermak's, der zweite Band enthält die populären Aufsätze und schliesst einen kurzen Lebensabriss des Verstorbenen in sich.

Möge die Sammlung, das Denkmal eines innerlich reichen, viel und tiefbewegten Forscherlebens, in demselben Sinne aufgenommen werden, in welchem sie geplant und ausgeführt wurde.

INHALT.

Seite

I. Ueber die Hautnerven des Frosches. (Taf. 1 u. 2) 1
II. Ueber die Spermatozoïden von Salamandra atra. Ein Beitrag zur Kenntniss der festen Formbestandtheile im Samen der Molche. (Taf. 3 u. 4) 16
III. Verästelungen der Primitivfasern des Nervus acusticus. (Taf. 5) 30
IV. Vorläufige Mittheilungen über die Schwimmblase von Esox lucius. 36
V. Beiträge zur mikroskopischen Anatomie der menschlichen Zähne. (Taf. 6 u. 7) . 40
VI. Ein Verfahren, den Lufteintritt bei der Paracentese der Brust zu verhindern . 70
VII. Ueber das Orthoskop, eine neue Methode zur genaueren Untersuchung des gesunden und kranken Auges. (Mit 2 Holzschnitten) 87
VIII. Ueber einen eigenthümlichen Schaltknochen im Augenhöhlendache des Menschen. (Taf. 8) 103
IX. Beschreibung und mikroskopische Untersuchungen von Mumien. (Taf. 9) . 114
X. Ueber den Bau und das optische Verhalten der Haut von Ascaris lumbricoïdes. (Mit 2 Holzschnitten) 157
XI. Reisebilder aus Holland in Briefen an Hrn. Prof. Purkyně . . . 164
XII. Ueber den Stiel der Vorticellen. (Taf. 10, Fig. *a* u. *b*) 176
XIII. Ueber den Gewichtsverlust der Thiere nach dem Tode 189
XIV. Ueber das Accommodationsvermögen des Auges 198
XV. Ueber das Wesen der von Dr. C. Thomas auf Linsenschliffen entdeckten Curvensysteme. (Taf. 10) 203
XVI. Ueber das Wesen und die Entstehung der von Dr. Thomas an getrockneten Dorschlinsen beobachteten schildförmigen Körper 211
XVII. Ueber die Accommodationslinien (sammt Zusatz). (Taf. 11, Fig. 1 u. 2) . 215
XVIII. Ueber die Wirkung punktförmiger Diaphragmen auf das Sehen (sammt Zusatz). (Figuren auf Taf. 11, 12, 14 u. 15) 228
XIX. Ueber den Zusammenhang zwischen der Convergenz der Augenaxen und dem Accommodationszustande der Augen (sammt Zusatz). (Figuren auf Taf. 12, 13 u. 15) 243

Seite

XX. Zur Lehre von den Doppelbildern, die beim Sehen mit beiden Augen entstehen (sammt Zusatz). (Figuren auf Taf. 13) . . . 270
XXI. Ueber die unempfindliche Stelle der Retina im menschlichen Auge (sammt Zusatz) 279
XXII. Eine Modification des Scheiner'schen Versuches (sammt Zusatz). (Figuren auf Taf. 13 u. 16) 288
XXIII. Eine alte Beobachtung über die Function der Schwingkölbchen der Zweiflügler . 296
XXIV. Das Stereophoroskop. (Taf. 16, Fig. 26) 299
XXV. Beiträge zur Physiologie des Tastsinnes. (Taf. 16, Fig. 27, 28, Taf. 17 u. 18) . 303
XXVI. Zur Chromasie des Auges. (Taf. 19, Fig. 1) 354
XXVII. Zur Theorie der zusammengesetzten Farben 357
XXVIII. Ueber das sogenannte Problem des »Aufrechtsehens«. (Taf. 19, Fig. 2 u. 3) . 358
XXIX. Zu Volkmann's Lehre von der »Richtung der Gesichtsobjecte« . 367
XXX. Weitere Beiträge zur Physiologie des Tastsinnes. (Taf. 19, Fig. 4—9) . 370
XXXI. Zur Orientirung im Gesammtgebiete der Zoologie 392
XXXII. Eine neuro-physiologische Beobachtung an einem Triton cristatus 405
XXXIII. Ueber den schallerzeugenden Apparat von Crotalus. (Taf. 20) . 408
XXXIV. Ideen zu einer Lehre vom Zeitsinn 417
XXXV. Ueber das Verhalten des weichen Gaumens beim Hervorbringen der reinen Vocale . 423
XXXVI. Ueber secundäre Zuckung vom theilweise gereizten Muskel aus (sammt Nachtrag) . 429
XXXVII. Beiträge zur Kenntniss der Beihilfe der Nerven zur Speichelsecretion. (Taf. 21) . 433
XXXVIII. Ueber das Accommodationsphosphen (1 und 2) 447
XXXIX. Ueber die Dauer und die Anzahl der Ventrikel-Contractionen des ausgeschnittenen Kaninchenherzens (gemeinschaftlich mit G. v. Piotrowski) . 455
XL. Ueber reine und nasalirte Vocale 464
XLI. Einige Beobachtungen über die Sprache bei vollständiger Verwachsung des Gaumensegels mit der hinteren Schlundwand . . 468

I.

Ueber die Hautnerven des Frosches.

[Müller's »Archiv für Anatomie und Physiologie« 1849, S. 252.]

(Hierzu Tafel 1 und 2).

Um sich eine richtige Vorstellung von der Verbreitung der Nerven in der Haut des Frosches zu machen, ist es nothwendig, den Bau der Haut zu kennen. Zu diesem Zwecke habe ich eine schematische Zeichnung (Fig. 1) entworfen, welche einen senkrechten Durchschnitt der Froschhaut darstellt und anschaulich macht, in welcher Weise dieses Organ aus seinen verschiedenen histologischen Elementen zusammengesetzt wird.

Als Grundgewebe kann das Derma oder Corium (Fig. 1, *C*) — eine ziemlich mächtige Lage von Bindegewebsfasern, welche nach Behandlung mit Essigsäure völlig durchsichtig erscheinen und die bekannten Kernbildungen zeigen — betrachtet werden. Die Fasern liegen, ohne sich zu verfilzen, in regelmässigen, horizontalen Schichten beisammen, treten jedoch an bestimmten Punkten auseinander und bedingen so die Entstehung einer grossen Anzahl von Kanälchen, welche das Derma senkrecht von innen nach aussen durchbohren. Auf einem Durchschnitte der Haut (Fig. 1) erscheint demzufolge das Derma zwischen je zwei Kanälchen (*K*—*K'*) in vierseitige Felder mit rundlichen Ecken abgeschnürt.

Die nächste Schicht nach aussen bildet ein lockeres Gewebe mannigfach verfilzter Fasern (*F*), welche einerseits in das Derma und dessen Kanälchen (Fig. 1, *K*) eindringen, andererseits aber an die Epidermis grenzen; zwischen ihnen finden sich die kugeligen Körper

der flaschenförmigen Hautdrüsen (*D*), deren Ausführungsgänge die Epidermis durchbohren und mit veränderlichen, gewöhnlich dreikantigen Mündungen an der Hautoberfläche enden, eingebettet.

Dort, wo sich die Epidermis scharf gegen die verfilzten Fasern absetzt, sind jene Pigmentzellen, von denen die Färbung der Haut abhängt, in grosser Menge abgelagert (*P*). Die Epidermis selbst (*E*), welche sich als schützende Hülle über die ganze Oberfläche der Haut ausbreitet, besteht bekanntlich aus Zellen, die nach dem Alter und der Entwickelungsstufe in Schichten übereinander liegen; die jüngeren rundlichen und saftigen Zellen bilden die unteren (a, a^1, a^2), die alten abgeplatteten und trockenen die oberen Schichten (a^3, a^4).

Da die Haut des Frosches grösstentheils nicht unmittelbar an den Körper des Thieres angewachsen, sondern nur an bestimmte Stellen durch dünne Membranen, welche, wie die Mesenterien, Blutgefässe und Nerven fuhren, und Mesodermen genannt werden können, befestigt ist: so entstehen beträchtliche, überall geschlossene, mit einem serösen Ueberzug ausgekleidete Räume unter der Haut, und es findet sich deshalb als unterste Schicht der letzteren eben jener seröse Ueberzug (Fig. 1, *S*). Die Mesodermen können mit demselben Rechte wie die Ligamente des Bauchfelles u. s. w. als Duplicaturen dieser serösen Auskleidungen betrachtet werden.

Näheres über die erwähnten subcutanen Räume findet man in: Ant. Dugès': »*Recherches sur l'Ostéologie et la Myologie des Batraciens.*« Paris 1835. p. 122, und Jos. Meyer's: »*Systema Amphibiorum lymphaticum disquisitionibus novis examinatum.*« 1845. p. 6.

Nun noch einige Worte über den Bau der Schwimmhäute. Sie entstehen durch die Verwachsung der brückenartig von einer Zehe zur andern überspringenden Sohlen- und Fussrückenhaut. Das Derma und die Schicht der verfilzten Fasern beider Häute sind auf eine unansehnliche Lage von Bindegewebsfasern reducirt; übrigens finden sich die oben beschriebenen Bestandtheile der Haut doppelt vor.

Dieses Structurverhältniss, so wie die Zu- oder Abnahme der Mächtigkeit des Derma's und der Schicht der verfilzten Fasern, je nach der Hautregion, sind von einigem Einfluss auf die Art der Nervenvertheilung.

Ich habe von dem Baue der Froschhaut nur so viel mitgetheilt, als zum Verständniss der Verbreitung der Nerven nothwendig schien. Ausführlicheres, namentlich über die Hautdrüsen, hat Ascherson in Müller's Archiv 1840, S. 15 veröffentlicht.

Was das peripherische Verhalten der Nerven betrifft, so herrscht hierüber noch viel Dunkelheit. Wohl hat Burdach den Plexus der

Nerven an der unteren Fläche des Derma ziemlich genau beschrieben und R. Wagner durch die Entdeckung der Theilung einer Nervenfibrille in der Nickhaut (Handwörterbuch der Physiologie, B. III. S. 462) unser Wissen wesentlich bereichert; allein da ersterer, wie man später sehen wird, mehrere wichtige Verhältnisse völlig ausser Acht gelassen, letzterer jedoch seine Entdeckung nicht weiter verfolgt hat, so blieb noch immer genug zu thun übrig. Die nachfolgenden Zeilen enthalten einen Beitrag zur Ausfüllung dieser Lücke.

Zunächst will ich die Methode der Untersuchung, auf welche hier viel ankommt, kurz mittheilen. Wagner bemerkt (a. a. O. S. 389), dass die Haut des Frosches, auch wenn sie mit Essigsäure behandelt wird, viel zu undurchsichtig bleibe, um die Frage zur Entscheidung zu bringen.

Da dies im Allgemeinen richtig ist, obschon selten Fälle vorkommen, wo die Haut selbst ohne Behandlung mit Essigsäure einen hinreichenden Grad von Durchsichtigkeit besitzt (z. B. von manchen wassersüchtigen Fröschen); so musste von vornherein versucht werden, diesen Uebelstand zu beseitigen. Es ist klar, dass das viele Pigment dem Lichte den Weg absperrt. Die mächtigste Lage von Pigmentzellen findet sich — wie oben beschrieben — gleich unter der Epidermis (Fig. 1, *P*). Zwar wird später erwähnt werden, dass noch an der inneren Fläche des Derma Pigmentzellen vorkommen (Fig. 1, *p*, *p* — Fig. 6, *P*), doch sind dieselben nur an wenigen Stellen allzu dicht abgelagert, und es kommt somit alles darauf an, jene erste Schicht unschädlich zu machen. Bei den Versuchen, dieselbe zu entfernen, bemerkte ich bald, dass man die Haut mit geringer Mühe in zwei Lamellen spalten könne, in denen die Verbindung zwischen der Schicht der verfilzten Fasern und dem Derma trennbar ist.

Die eine Lamelle, welche ich die äussere nenne (Fig. 1, *A*), besteht aus der Epidermis, jener hinderlichen Pigmentablagerung und den verfilzten Fasern mit den Hautdrüsen; die andere Lamelle — die innere (Fig. 1, *J*) — begreift das Derma mit dem serösen Ueberzuge und den Hauptverzweigungen der Nerven.

Ich habe auf diese Weise Präparate von beliebig grosser Ausdehnung erhalten, welche an Durchsichtigkeit nichts zu wünschen übrig liessen. Da aber die Essigsäure gewöhnlich angewendet wurde und namentlich die feinen Nervenfibrillen auf die bekannte Art alterirte, so versuchte ich, den Nerven durch Härtung in Sublimat einen angemessenen Grad von Festigkeit zu geben.

Diese Härtungsversuche hatten den gewünschten Erfolg. Auch erhalten sich solche Präparate längere Zeit unversehrt; das Breslauer

physiologische Institut besitzt seit mehr als einem halben Jahre deren einige, welche noch immer brauchbar sind.

Ich komme zur Darstellung der Verbreitung der Nerven selbst.

Die für die Haut bestimmten Nervenbündel treten an verschiedenen Stellen zwischen den oberflächlichen Muskeln hervor und gelangen durch die erwähnten subcutanen Räume an die untere, dem Körper des Thieres zugewendete Fläche der Haut. Jedes Bündel besitzt eine eigene, ziemlich weite, mit Kernen versehene Scheide, welche oft sehr regelmässig abwechselnd von der einen und von der andern Seite eingeschnürt erscheint (Fig. 4, *S*) und von den Nerven ansehnlich weit abstehend, wenn sie durch den gelinden Druck des Deckgläschens etwas abgeplattet wird.

Schneidet man die Haut am Rücken oder an den Seiten der Länge nach entzwei und hebt mit der Pinzette den einen Schnittrand in die Höhe, so bemerkt man nebst den Platten der Mesodermen weisse, cylindrische Fäden, welche sich zwischen den Muskeln und der abgehobenen Haut anspannen; — es sind dies jene Nervenbündel, welche frei die subcutanen Räume durchsetzen. Man überzeugt sich, dass die Nerven entweder eingeschlossen zwischen den Blättern der Mesodermen oder auf die eben erwähnte Weise ihren Bestimmungsort erreichen. Im Ganzen findet jedoch kein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Arten des Verlaufs statt. In dem einen wie in dem andern Falle sind die Nervenbündel mit ihren Scheiden durch Bindegewebsfasern, aus denen die Mesodermen sowohl, als die cylindrischen Fäden hauptsächlich bestehen, umkleidet.

Die Blutgefässe der Haut nehmen denselben Weg wie die Nerven und sind meist von Pigmentzellen begleitet.

In Fig. 4 habe ich einen jener weissen cylindrischen Fäden, welcher zufällig weder Gefässe noch Pigment führte, dargestellt. In der Mitte, umgeben von Bindegewebe (*Z*), befindet sich das Nervenbündel (*B*). Die Scheide (*S*) ist zwischen je zwei Einschnürungen bauchig hervorgetrieben. Werden solche Präparate mit Essigsäure behandelt, so bemerkt man nach einiger Zeit nebst den gewöhnlichen Veränderungen in dem Bindegewebe, dass sich eine zarte fein granulirte, hie und da ein grösseres Körnchen führende Masse innerhalb der Scheide auf das Nervenbündel niederschlägt (Fig. 4, *i*, das Körnchen bei *n*). Ich habe diesen Vorgang auch an den feineren Nervenzweigen (Fig. 5, Fig. 2, Fig. 7 bei *i*) beobachtet und glaube daher, dass nebst den Nerven noch eine gerinnbare Flüssigkeit innerhalb der Scheiden eingeschlossen sei. In den feineren Verzweigungen, welche ebenfalls innerhalb einer Fortsetzung der gemeinsamen Scheide verlaufen, wird

dieser coagulirte Inhalt manchmal der Beobachtung hinderlich, weil er öfter ganz die Gestalt von Fasern annimmt und so der Deutlichkeit der Wahrnehmung und der Sicherheit der Deutung Abbruch thut.

Haben die Nerven auf die angegebene Weise die Haut erreicht, so verbreiten sie sich meist von einzelnen, zuweilen auch von vielen Pigmentzellen bedeckt, zwischen dem Derma und dem serösen Ueberzuge.

Jedes Nervenbündel theilt sich meist dichotomisch in untergeordnete Aeste, welche sich wieder mehrfach verzweigen und mit den Verzweigungen der Aeste der benachbarten Nervenbündel zu polyedrischen, an verschiedenen Hautstellen verschieden gestalteten Maschen verwebt werden, so zwar, dass an der inneren Fläche der Haut ein grosses ununterbrochenes, in sich zurücklaufendes Nervennetz entsteht (Fig. 2).

Die Nervenfibrillen der einzelnen an die Haut tretenden Bündel bleiben demnach nicht in für sich bestehenden abgeschlossenen Maschensystemen beisammen, sondern werden, indem sie sich an Zweige anderer Stämme anlegen, nach längerem oder kürzerem Verlaufe sich ganz oder zum Theil wieder trennen, und abermals mit anderen Aestchen vereinigen, in der mannichfachsten Weise untereinander gemischt und combinirt. Jedes zu einer Masse gehörende Aestchen besteht in den meisten Fällen aus Nervenfibrillen, welche in ganz verschiedenen Bündeln zur Haut gelangt sind. Diese Mengung und Mischung der Nervenfasern muss wohl gewisse Grenzen haben; doch ist es fast unmöglich, dieselben zu bestimmen, weil man die einzelnen Nerven nur auf verhältnissmässig geringe Strecken genau verfolgen und unter der Menge der andern herauskennen kann.

Von den Bündeln des eben beschriebenen Nervennetzes entspringen sehr viele kleinere und grössere Aestchen, selbst einzelne Fasern, welche einen ganz eigenthümlichen Verlauf haben (Fig. 2, *d*, d^1, d^2—d^7). Dieselben bleiben nämlich nicht auf der inneren Fläche des Derma, sondern dringen in die bei der Darstellung des Baues der Haut erwähnten Kanälchen ein, gelangen in die Schicht der verfilzten Fasern und verzweigen sich zwischen den Hautdrüsen.

Von diesem Verhalten der Nerven bemerkt Burdach nichts; obschon es leicht ist, sich davon zu überzeugen, wenn man die Haut in der angegebenen Weise in die zwei Lamellen spaltet und beide genau untersucht. Liegt das Präparat der inneren Lamelle mit der dem Körper des Thieres zugewendeten Fläche gegen den Beobachter gekehrt (Fig. 2), so sieht man ein Stück des grossmaschigen Nervennetzes über dem Derma ausgebreitet und gewahrt eine grosse Menge

von Aestchen, welche nicht zu Maschen ergänzt werden, sondern plötzlich zu enden scheinen (Fig. 2, *d*, d^1, d^2—d^7). Dieses plötzliche Enden ist aber in der That nur scheinbar, denn durch Verringerung der Focaldistanz erkennt man, dass die Aestchen einen winkligen Verlauf haben und an solchen Stellen in die Tiefe umbiegen. Man kann sie bis an die entgegengesetzte Seite des Derma verfolgen und, wenn das Präparat umgedreht wird, ganz deutlich aus den oberen Mündungen der Kanälchen herauskommen sehen, wo sie aber durch die Trennung der Haut in die zwei Lamellen abgerissen sind. Ihr weiterer Verlauf muss demnach an der äusseren Lamelle untersucht werden. Man findet denn auch zwischen den kugeligen Körpern der Drüsen einzelne oder ganze Bündelchen von Nervenfasern.

Es ist keinem Zweifel unterworfen, dass dieselben die unmittelbaren Fortsetzungen der durch die Kanälchen des Derma verlaufenden Fibrillen sind. Uebrigens lässt sich der Zusammenhang und der ganze Verlauf dieser — wie ich sie nennen will — durchtretenden Nerven unmittelbar darstellen und anschaulich machen; und zwar an senkrechten Durchschnitten der Haut (Fig. 1, *N*, N^1). An solchen Schnitten können die Nerven von der inneren Fläche des Derma ohne Unterbrechung durch die Kanälchen bis zwischen die Drüsenschicht verfolgt werden, und viele Blutgefässe schlagen denselben Weg ein. Es giebt eine solche Menge von diesen durchtretenden Nervenfasern, dass die meisten Kanälchen einzelne oder ganze Bündelchen führen.

Fasst man das Gesagte zusammen, so ergiebt sich folgendes Schema der Verbreitung der Nervenbündel:

Die für die Haut bestimmten Nervenbündel bilden, nachdem sie durch die subcutanen Räume innerhalb der Mesodermen oder der freien cylindrischen Fäden, bis zur Haut gelangt sind, an der unteren Fläche derselben ein grossmaschiges Netz (*Plexus nervorum inferior seu profundus*), von welchem viele Bündelchen abgehen, die durch die Kanälchen des Derma bis in die Schicht der verfilzten Fasern gelangen und sich daselbst zwischen den Hautdrüsen vertheilen (*Plexus nervorum superficialis*).

Es entsteht nun die Frage: »Wie verhalten sich die einzelnen Nervenfibrillen, die Primitivfasern, in diesen gröberen Verzweigungen und wie endigen sie?«

Was ich auf die erste Frage zu antworten weiss, werde ich unten mittheilen; was aber die zweite betrifft, so muss ich gestehen, dass ich nicht im Stande war, dieselbe zu lösen. Die Nervenendigung ist überhaupt noch immer ein Problem für die Mikroskopiker. Zwar ist unser Wissen über das peripherische Verhalten der Nerven durch die

neuerlichst bestätigte und festgestellte Wahrheit der Theilung von Primitivfasern bedeutend erweitert worden; — allein über das eigentliche peripherische Ende derselben, über das Structurverhältniss zwischen den letzten Elementen der Nervensubstanz und dem Grundgewebe der Organe, ist damit noch durchaus kein Licht verbreitet worden. Die Frage hat sich im Gegentheile mehr verwickelt.

Früher, wo die Untheilbarkeit der Nerven als ein unantastbares Gesetz galt, handelte es sich nur darum, ob die Nerven frei endigen oder einfache Schlingen bilden; jetzt, nachdem man weiss, dass sich die Primitivfibrillen in mehrere Aeste theilen können, muss entschieden werden, ob einige oder alle Aeste einer Fibrille frei endigen oder Schlingen bilden und in welcher Weise, ob nur Zweige derselben Fibrille mit einander anastomosiren oder auch Zweige verschiedener Fibrillen u. s. w.! Kurz, die Fälle, wie sich die Nerven in den Organen möglicherweise verhalten können, haben sich vermehrt — die Frage ist verwickelter geworden.

Hier kann nur die directe gewissenhafte und sorgfältige Beobachtung den Ausschlag geben. Freilich möchte man fast an dem Erfolge von Untersuchungen verzweifeln, welchen sich so grosse Schwierigkeiten theils durch die Beschaffenheit der von den Nerven versorgten Organe, theils durch die Qualität der Nervensubstanz selbst entgegenstellen. Konnten doch nicht einmal jene Forscher, die die Nerven im elektrischen Organ der Rochen studirten, zu einem sichern Resultate über die eigentliche Art der Nervenendigung kommen, wo die günstigsten äusseren Verhältnisse für die Beobachtungen stattfinden! Die letzten dünnen Aestchen verloren sich immer ohne bestimmt wahrnehmbare Grenze in der Grundsubstanz des betreffenden Organs und machten so eine Entscheidung unmöglich.

Auch ich war bis jetzt aus demselben Grunde nicht glücklicher mit den Nerven der Schwimmblase des Hechtes (*Esox lucius*), auf welcher ich im November 1848 Theilungen der Primitivfibrillen von der überraschendsten Deutlichkeit und Ausdehnung entdeckte; obschon die Untersuchung wegen des ganz isolirten Verlaufes der Nerven, der Abwesenheit des Pigments und der geringen Menge und Durchsichtigkeit der andern histologischen Elemente ebenfalls nichts weniger als schwierig ist.

Nach solchen Erfahrungen musste die Hoffnung um so geringer sein, über die Hautnerven des Frosches etwas Erspriessliches an's Licht zu fördern, als dieselben nur selten isolirt genug verlaufen, um deutlich verfolgt werden zu können.

Allein der Wunsch, wenigstens die Theilung der Primitivfibrillen

an Hautstellen aus allen Regionen des Körpers nachzuweisen und sicher zu stellen, liess mich die möglicherweise ganz fruchtlose Mühe nicht scheuen, welche ich auf die vorliegende, wie mir scheint, nicht ganz unwichtige Untersuchung verwendet habe.

Die gesuchten Nerventheilungen fand ich denn auch wirklich in genügender Anzahl an den verschiedensten Hautpartieen. Ich bemerke nur noch, dass ich alle meine Präparate einem gewiss competenten Richter, Herrn Professor Purkyně, zur Beurtheilung vorgelegt habe, der sich von der Richtigkeit der Deutung und Auffassung derselben überzeugt hat, und gehe nun an die Beschreibung des Verlaufs und des Verhaltens der Nervenprimitivfibrillen.

Alle Primitivfasern der an die Haut tretenden Nervenstämmchen zerfahren, sobald sie dieselbe erreicht haben, in den tiefen Plexus, nehmen an der Bildung mehrerer Maschen Theil und werden so an der innern Fläche einer bestimmt grossen Hautstelle in verschiedenen Krümmungen herumgeführt. Obwohl ich nun sehr häufig einzelne Fibrillen auf bedeutende Strecken verfolgen und unter den übrigen herauskennen konnte, so ist mir doch weder ein Zurücklaufen derselben in einen oder den andern Hautnervenstamm zu unterscheiden, noch ein unzweifelhaft freies Ende zu entdecken gelungen.

Ich wage nicht, eine Schlingenbildung der Nerven in der Haut des Frosches nach diesen negativen Resultaten sofort zu leugnen; kann sie aber eben so wenig für eine ausgemachte Sache halten. Ueberhaupt, wäre immer bedacht worden, dass, um von solchen Schlingen der Nerven zu reden, der ganze Verlauf derselben klar verfolgt und übersehen werden muss, so wären die Physiologen nicht so freigebig mit »peripherischen Umbiegungsschlingen der einfachen Primitivfasern« beschenkt worden.

Eine Theilung der Nervenfibrillen hingegen habe ich sowohl an den dicken als an den dünnen mit völliger Sicherheit beobachtet und will im Allgemeinen darüber Folgendes bemerken:

Ich fand bis jetzt nur eine dichotomische Verzweigung, welche sich jedoch oft an den neu entstandenen Aesten abermals wiederholte. Es schien ein doppelter Typus der Theilung vorzukommen, entweder spaltete sich eine Fibrille in zwei Zweige von gleicher Stärke (Fig. 5, *A*, *B*), oder der eine der Zweige war viel schwächer als der andere (Fig. 7, *N'*). Man kann sich der Vorstellung kaum erwehren, dass im letztern Falle die Stammfibrille in ihrem Verlaufe eben nur einen Ast abgiebt und dann ihren Weg weiter verfolgt; während im ersten Falle, wo die zwei Aeste von gleicher Dignität sind, eine eigentliche

Verdoppelung stattzufinden scheint. Etwas Analoges zeigen die Verästelungen der Blutgefässe.

Im Grunde mögen diese Dimensionsverhältnisse keine wesentlichen Unterschiede bedingen, allein da sie auch an den Nerven anderer Organe vorkommen, so muss ihrer doch als einer allgemeineren Erscheinung Erwähnung geschehen.

Bemerkenswerth sind auch die Winkel, unter welchen die Aeste gegeneinander und gegen die Stammfibrille geneigt sind. Man findet die grössten Verschiedenheiten: bald sind die Winkel stumpf, bald spitz, bald nahezu 90°. Auch kommen nicht selten Fälle vor, wo der eine Ast in derselben Richtung fortläuft als die Stammfibrille. Wenn in einem solchen Falle der erstere einen beinahe ganz gleichen Durchmesser mit dem letzteren besitzt, der zweite Ast aber sehr dünn ist, dann hat es ganz und gar den Anschein, wie wenn nur Ein Ast abgegeben würde; auch zweigt sich der dünne Ast gewöhnlich unter einem fast rechten Winkel ab.

Haben die beiden Aeste dieselbe Dicke, so machen sie meist auch gleiche Winkel mit der Stammfibrille.

An eine eigenthümliche und besondere Beziehung zwischen der Stärke der Fasern und der Grösse der Winkel darf man freilich kaum denken, denn es scheint am Ende gleichgiltig und zufällig zu sein, welche Neigung die Aeste haben, und sich blos darum zu handeln, dass dieselben überhaupt an den Ort ihrer Bestimmung gelangen.

Ich habe oben bemerkt, dass sich die dichotomische Verzweigung an den entstandenen Aesten wiederholen könne; die Fig. 5, Fig. 6, Fig. 8 und Fig. 2 liefern Belege dafür. In Fig. 5 kann man nicht im Zweifel sein, dass sich der Ast *A* des Stammes *N* bei *b'* eben nur abermals theilt; die in Fig. 6 und Fig. 8 dargestellten Verzweigungen hingegen imponiren fast für Anastomosen zwischen zwei selbständigen Fibrillen, und zwar deshalb, weil die einzelnen Nerven (wenigstens in Fig. 8) einen beinahe gleichen Durchmesser besitzen und unter fast rechten Winkeln zusammenstossen.

Es ist gewiss, dass man diese Verhältnisse sehr verschieden auffassen kann, die wiederholte Theilung der Nervenfasern bleibt aber als Factum unabänderlich stehen.

Man kann z. B. blos eine der freien Fasern (Fig. 8, *A*, *B*, *C*) als mit den Centralorganen zusammenhängend annehmen und die übrigen in derselben Weise als Aeste erster und zweiter Ordnung deuten, wie in Fig. 5; und sieht man in Fig. 5 von der verschiedenen Dicke der Fasern ab und erklärt die Neigung derselben gegeneinander für zufällig, so entsteht in der That ein ähnliches Bild, wie in Fig. 8 —

oder man kann sagen, die Fasern N und N^1, Fig. 6, sind die zwei Schenkel einer Endumbiegungsschlinge, aus welcher ein Aestchen (N^1) entspringt, das sich neuerdings dichotomisch theilt (N^2 N^3).

Auch kann man hierin eine Anastomose zwischen zwei Endumbiegungsschlingen sehen u. s. w.

Auch ich überlasse es Jedem, sich die Menge der möglichen Deutungen auszudenken und kann nur wiederholen, dass die directe Beobachtung noch keiner derselben die Sanction der Wirklichkeit ertheilt hat.

Das Wenige, was ich bisher über den Verlauf der Aeste feststellen konnte, ist, dass dieselben entweder in den Maschen des tiefen Plexus fortlaufen, ohne weiter verfolgt werden zu können, oder aber, und zwar in den meisten Fällen, irgend ein in der Nähe befindliches Kanälchen im Derma aufsuchen, um auf diese Weise bis in die Schicht der verfilzten Fasern zu gelangen. Im letztern Falle gehören dieselben somit unter jene Fibrillen, welche ich oben durchtretende Nervenfasern genannt habe. Die beiden Aeste N^2 und N^3, Fig. 6, konnte ich nach kurzem Verlaufe in die Kanälchen eindringen sehen und ihnen bis auf die entgegengesetzte Seite des Derma nachgehen; ebenso verhielten sich die Aestchen Fig. 2 bei d^1, d^3, d^4, d^5 und d^6. In Fig. 2 und Fig. 9 habe ich mich bemüht, die unteren Mündungen der Kanälchen darzustellen (bei d, d^1, ...). Auch an senkrechten Durchschnitten der Haut ist es mir gelungen, diesen Verlauf der Aestchen wahrzunehmen (Fig. 1 bei b).

Fig. 2 verdient noch besonders berücksichtigt zu werden, weil daselbst die wiederholten Theilungen einer Faser (F) skizzirt sind, welche so glücklich gelagert war, dass sie eine bedeutende Strecke verfolgt und übersehen werden konnte. Die Nervenfibrille F giebt vier Aeste (d^1, d^3, d^4, d^5) ab und ich muss bemerken, dass in ihrem weiteren Verlaufe innerhalb des Bündelchens B noch eine Theilung mit aller Deutlichkeit zu erkennen war.

Ueberhaupt kann man sich durch die Betrachtung dieser Zeichnung (Fig. 2) und der schematischen Skizze Fig. 1 das eigenthümliche Verhalten der Primitivfasern und ihrer Aeste lebhaft veranschaulichen. —

So fragmentarisch und unvollständig meine Mittheilungen über das Verhalten der Primitivfasern sind, so wird man nicht verkennen, dass dieselben dennoch von einiger Bedeutung für die Physiologie des Tastsinnes werden dürften. Ich erlaube mir blos einige Andeutungen, die eben für nichts weiter genommen sein wollen als für ein paar gelegentliche Gedanken.

Wenn, wie allgemein angenommen wird, die sensitiven Nerven sich wie Leiter verhalten, bestimmt, den Reiz von der Peripherie nach dem Centrum zu tragen, und wenn das Sensorium die durch den Reiz erzeugte Empfindung in der entgegengesetzten Richtung an das Ende des einfachen und ungetheilten Leiters, somit an einen Punkt der Peripherie versetzt: so muss, angenommen, der Leiter verästete sich (wie dies die sensitiven Nerven wirklich thun), nach erfolgtem Reiz die Empfindung nach den Enden sämmtlicher Aestchen des Leiters, d. h. in eine Fläche verlegt werden.

Während die Empfindung im ersten Falle bestimmter, begrenzter ist, wird sie im zweiten Falle vager.

Ebenso muss das Sensorium, mag das peripherische Aestchen *A* des verzweigten Leiters oder das räumlich davon entfernte Aestchen *B* gereizt werden, mit einer und derselben Empfindung antworten, und wenn beide Enden *A* und *B* zu gleicher Zeit durch zwei räumlich getrennte Körper gereizt werden, Einen und nicht zwei räumlich verschiedene Eindrücke percipiren.

Denken wir mehrere solcher verästelter Leiter dergestalt an der Peripherie angeordnet, dass sich die von ihren Aesten beherrschten Flächen interferiren, d. h. theilweise decken, wie eine Reihe von Kreisen, deren Peripherien durch die Mittelpunkte der Nachbaren gehen: so müssen wir annehmen, dass die gereizten Interferenzflächen, obschon sie von zwei verschiedenen und selbständigen Leitern versorgt werden, dennoch nur eine räumlich-einheitliche Empfindung zu erregen im Stande sind, weil das Sensorium auf einen durch den Leiter *A* zugeführten Reiz die Empfindung doch nur dorthin verlegen kann, wo sich der Leiter *A* verbreitet.

Wenden wir nun diese Betrachtungen auf die Hauptnerven des Frosches an, welche in der That solche verästelte centripetale Leiter und in ähnlicher Weise, wie eben vorausgesetzt wurde, in der Haut vertheilt sind: so dürfen wir glauben, dass in der Haut, sie mag wo immer durch eine Nadelspitze einen Reiz empfangen, eine einfache räumlich mehr oder weniger bestimmte Empfindung entstehen werde; dass aber die Eindrücke zweier Nadelspitzen nur dann doppelt, d. i. räumlich gesondert vom Frosche empfunden werden können, wenn sie so weit von einander entfernt applicirt werden, dass sie Hautstellen treffen, welche von Nerven versorgt sind, deren peripherische Verästelungen einander nicht interferiren oder theilweise decken, dagegen immer in dem Maasse zu Einer Empfindung verschmelzen müssen, als die Nadelspitzen, einander näher gerückt, Hautstellen zu gleicher Zeit berühren, an welchen sich mehrere Nerven verbreiten, — Haut-

stellen somit, die den Interferenzflächen des obigen Schema entsprechen.

Dies Alles auf den Menschen angewendet, gäbe vielleicht eine Erklärung der bekannten WEBER'schen Versuche.

Spinnen wir den aufgenommenen Faden weiter fort, so können wir uns leicht eine Vorstellung der Feinheit oder Schärfe des Gefühls und der Empfindlichkeit des Hautorgans machen. Schärfe des Gefühls und Empfindlichkeit sind zwei sehr verschiedene Dinge, die wohl zu trennen sind. Die Schärfe des Gefühls wird durch die WEBER'schen Versuche geprüft; die Empfindlichkeit aber dadurch, dass der Grad eines applicirten Reizes mit der Stärke der erzeugten Empfindung verglichen wird. Die Haut am Rücken, in den Weichen, ist empfindlich, aber aller Feinheit des Gefühles baar; die Haut an der Streckseite des Ellbogengelenks ist weder feinfühlend, noch bedeutend empfindlich; der rothe Theil der Lippen hingegen im hohen Grade, sowohl feinfühlend als empfindlich.

Die aufgezählten Beispiele werden hinreichen, das klar zu machen, was unter den beiden Bezeichnungen verstanden werden soll.

Wollen wir nun eine Erklärung, eine Aufzählung der Bedingungen dieser beiden Eigenschaften der sensitiven Organe versuchen, so haben wir zweierlei zu berücksichtigen: erstlich die Beschaffenheit des Organs, sodann die Art der Nervenvertheilung.

Die Empfindlichkeit einer Hautstelle hängt ab: erstens von der Feinheit und Zartheit der Haut oder wenigstens der die Nerven deckenden Schicht; zweitens von der absoluten Menge der Nerven, einerlei, ob dieselbe von der grossen Zahl der einzelnen Primitivfibrillen, oder von der oft wiederholten Theilung und Spaltung weniger Fibrillen herrührt; — denn um eine heftige Reaction der sensiblen Sphäre auf einen verhältnissmässig geringen Reiz hervorzubringen, darf 1) die Wirksamkeit des letzteren nicht durch den Dazwischentritt fremder unempfindlicher Theile allzusehr geschwächt und gebrochen werden und — 2) kommt alles darauf an, eine möglichst grosse Menge der peripherischen Nervensubstanz zu alteriren, wenn ein energischer Eingriff in den Organismus mit geringen Mitteln stattfinden soll.

Wäre uns demnach die Aufgabe gestellt, ein möglichst empfindliches sensitives Organ zu construiren, so müssten wir nach diesen Principien ein zartes, gut leitendes Grundgewebe mit einer absolut grössten Menge von Nerven durchdringen lassen, und zwar das letztere aus demselben Grunde, aus welchem die Membrana Schneideri die weit hervorspringenden Nasenmuscheln überkleidet und die innerste Darmhaut zahlreiche Falten bildet.

Was die Eigenschaften eines feinfühlenden Organs betrifft, so ist zunächst zu erwägen, dass sich die Feinheit oder Schärfe des Gefühls nur auf die räumliche Trennung und Sonderung gleichzeitiger Reize in der Empfindung beziehe.

Auf die physikalische Qualität und den Bau des Organs kommt somit gar nichts an, sobald nur Raum und Gelegenheit für die Verbreitung der Nerven da ist; Alles hingegen hängt von der relativen Menge der Primitivfibrillen ab. Je mehr derselben auf einer als Maass angenommenen Flächeneinheit vorhanden, welche gesonderte Eindrücke hervorzubringen im Stande sind, desto feinfühlender nennen wir ein solches Organ. Es verhält sich hiemit gerade so, wie mit der Schärfe des Gesichts; — das vollkommenste Tastwerkzeug wird demnach jenes sein, das die grösstmögliche relative und absolute Menge von Primitivfibrillen und ein zur Aufnahme und Fortleitung des Reizes geschicktes Grundgewebe besitzt; die erste Eigenschaft deshalb, um feinfühlend und empfindlich, die zweite, um nicht nur an und für sich empfindlich zu sein, sondern auch, um als Tastwerkzeug sich den Eindrücken der Aussenwelt hinzugeben, um dieselben activ aufzunehmen. (Ich erinnere hier nur an die Zunge, welche, obschon überaus feinfühlend und empfindlich, dennoch als Tastwerkzeug hinter den Fingerspitzen zurücksteht, weil derselben nebst Anderem namentlich der feste Knochenkern mangelt).

Wir wollen uns nur noch aus den bekannten Eigenschaften der Organe einige wenige Schlüsse auf die Structur, namentlich auf die wahrscheinliche Menge Nervenzheilungen erlauben.

In der Retina dürfen wir kaum, in der Zunge, den Lippen, den Fingerspitzen Theilungen wenigstens von keiner grossen Ausdehnung vermuthen. Zahlreich und von bedeutender Verbreitung dürften die Nerventheilungen in der Haut des Rückens, des Nackens, der Weichen u. s. w. sein.

Doch genug, ich habe schon allzulange den festen Boden sicherer Erfahrung unter den Füssen verloren! Zu meiner Entschuldigung sei nur angeführt, dass derartige Betrachtungen, welche die Bedeutung und den Einfluss einer gemachten Beobachtung nachzuweisen bemüht sind und aus dem Bestreben entspringen, vereinzelte, an und für sich nicht vielsagende, empirische Thatsachen in ihrer lebendigen Beziehung zur bestehenden Gestaltung der Wissenschaft darzustellen, vielleicht niemals ganz werthlos sind.

Ich kehre nach dieser Unterbrechung zur Nerventheilung in der Haut des Frosches zurück. An den Theilungsstellen sind die Nerven fast immer mehr oder weniger eingeschnürt; doch bin ich der Ueber-

zeugung, dass diese Verengerungen blos zufällig, und zwar durch die Gerinnung des Nervenmarks entstehen. Die Varicositäten der Hirnfasern sind etwas in gewisser Beziehung ganz Aehnliches. Es hält sie aber Niemand mehr für die normale Gestalt. Ueberdies habe ich einen Fall beobachtet, wo eine breite, doppelt contourirte Faser an zwei Stellen (Fig. 6 *a*, *b*) Einschnürung zeigte, ohne dass abgehende Aeste zu bemerken gewesen wären. Völlig unzweifelhaft wurde mir die Ansicht für die Nerven auf der Schwimmblase des Hechtes, welche untersucht in völlig frischem Zustande, wenn sie noch einfache Umrisse besassen, an den Theilungsstellen durchaus keine Verengerungen wahrnehmen liessen.

Je weiter die Zersetzung des Nervenmarks fortschreitet, welche durch verschiedene Reagentien noch beschleunigt werden kann, desto tiefer werden die Einschnürungen und er erfolgt, namentlich bei den feinern Fasern, endlich eine völlige Trennung der Aestchen von der Stammfibrille. Dieser Vorgang entspricht dem Zerfallen der sogenannten sympathischen Fasern in längliche Körnchen nach der Einwirkung von Essigsäure.

Die Maschen des tiefen Plexus bestehen grösstentheils aus dickeren Bündeln, in denen die Nerven so dicht bei einander liegen, dass sie sich völlig decken; doch sind auch dünnere, aus wenigen Fasern zusammengesetzte Bündel nicht allzuselten, ja es kommt manchmal vor, dass einzelne Fasern, einen kürzeren Weg nehmend, mitten durch eine Masche ganz isolirt verlaufen (Fig. 6 *N*, *N*[1]). Die beiden letztgenannten Fälle eignen sich gut zur Beobachtung; aber im ersten Falle wird man nicht oft und dann gewöhnlich nur dort, wo die Maschenäste in einem Winkel zusammenstossen, und die Fasern in verschiedenen Bahnen auseinanderlaufen, Gelegenheit haben, eine deutliche Wahrnehmung zu machen. Dies ist nun der Grund, warum die Zahl der zu beobachtenden Theilungen in keinem Verhältniss zu der ungeheuern Menge der Primitivfasern steht.

Doch unbeschadet dieses Missverhältnisses kann die Theilung der Primitivfasern als ein allgemeingiltiges Gesetz für die Hautnerven des Frosches angesprochen werden; denn man muss nicht vergessen, von welchem Gewicht hierbei eine sichere, unzweifelhafte Beobachtung (und es sind deren gewiss keine geringe Anzahl gemacht worden) sei, und in welcher Ausdehnung etwa Schlüsse *per inductionem* angewendet werden dürfen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 1.

Fig. 1. Schematische Darstellung eines senkrechten Durchschnittes der Froschhaut. *E* die Epidermis, *a* die jüngste Zellschicht — a^1, a^2, a^3—a^4 die älteste. *F* die Schicht der verfilzten Fasern, in welcher die kugeligen Körper der Hautdrüsen *D* eingebettet sind. *P* die Pigmentablagerung, von der die Färbung der Haut abhängt. *C* das Corium oder Derma. *K* eines jener Kanälchen, welche das Derma durchbohren. *N*, N^1 durchschnittene Nervenbündel des Plexus profundus. *G* ein durchschnittenes Blutgefäss. *p*, *p* Pigmentzellen. *S* der der Haut angehörende Theil des serösen Ueberzuges.

Fig. 2. Ein Stück des Plexus. *A*, *B*, *C*, C^1, C^2 Nervenbündel. *F* eine Primitivfaser, die aus dem Bündel *A* bis in das Bündel *B* zu verfolgen ist; sie giebt vier Aeste (bei d^1, d^3, d^4 und d^5) ab. *f* eine andere Nervenfibrille, welche sich bei *c* theilt. Der Ast *m* legt sich später an ein Nervenbündel an. Die dunkeln Stellen bei *d*, d^1, d^2 . . . d^7 stellen die unteren Mündungen der Kanälchen des Corium vor, in welche die Nerven eindringen, um sich in der Schicht der verfilzten Fasern zu vertheilen. Mit *S* werden hier und in den folgenden Abbildungen die gemeinschaftlichen Nervenscheiden, mit *K* die an ihr befindlichen Kerne und mit *i* der geronnene Inhalt der Nervenscheide bezeichnet.

Tafel 2.

Fig. 3. Eine im Mesoderma isolirt verlaufende Nervenfaser *N*.

Fig. 4. Ein Nervenbündel *B*, welches frei durch den subcutanen Raum verläuft. *Z* ein Zellgewebsüberzug.

Fig. 5. Nerventheilung in dem tiefen Plexus der Rückenhaut. Die Faser *N* theilt sich bei *b* in den Ast *A* und *B*. Der Ast *A* spaltet sich nochmals bei b^1 in Zweige zweiter Ordnung.

Fig. 6. Bei *B*, *B* ist der Raum, den die Verzweigung eines Nervenbündels einnimmt, durch blosse Schattirung angedeutet. *P* eine Pigmentzelle.

Fig. 7. Bei *b* giebt die Primitivfibrille *N* ein dünnes Aestchen N^1 ab, welches bald in ein Kanälchen des Derma eintritt (stark vergrössert).

Fig. 8. Bei *b* und b^1 Theilung der Nerven. *A*, *B*, *C*, *D* die einzelnen Primitivfasern.

Fig. 9. Die Fibrille *N* theilt sich, nachdem sie das Bündel *B* verlassen hat, bei *b* in die Aeste *A*, B^1. Der Ast *A* legt sich nach kurzem Verlauf an ein grösseres Nervenbündel wieder an, der Ast B^1 tritt bei *d* in ein Kanälchen des Derma ein.

II.

Ueber die Spermatozoïden von Salamandra atra.

Ein Beitrag zur Kenntniss der festen Formbestandtheile im Samen der Molche.

[Vorgetragen am 7. März 1849 in d. naturwissenschaftl. Section der schles. Ges. f. vaterl. Cultur. — Abgedruckt als Nachtrag zum Bericht über die Thätigkeit d. Gesellschaft i. J. 1848. Ein Auszug ist abgedruckt in d. Zeitschrift f. wissenschaftliche Zoologie 1850, Bd. II, S. 350 ff.]

(Hierzu Tafel 3 und 4).

Der Same aller bisher genau untersuchten Molche enthält eine ungeheure Anzahl fadenförmiger Spermatozoïden, an welchen ein eigenthümliches Flimmerphänomen zu bemerken ist. Die Vermuthung liegt nahe, dass diese höchst auffallende Eigenschaft wohl den Spermatozoïden sämmtlicher Thiere dieser Zunft als charakteristisches Merkmal zukommen möge. Da nur die speciellsten Untersuchungen Gewissheit über diesen Punkt geben können und überdiess die Ansichten über das Flimmerphänomen getheilt sind: so stehe ich nicht an, nachfolgende Bemerkungen über die noch nicht genau gekannten Samenfäden von *Salamandra atra* und über das Wesen dieser Art des Flimmerphänomens zu veröffentlichen.

Ich verdanke der grossen Güte meines Oheims, Professor Dr. Jos. Jul. Czermak zu Wien, mehrere Exemplare des erwähnten, höchst interessanten und nur wenigen Beobachtern zugänglichen Thieres, wodurch mir im September 1848 die Gelegenheit geboten wurde, vorliegende Untersuchungen zu veranstalten.

I. Von der äusseren Gestalt der Spermatozoïden.

Die Spermatozoïden des schwarzen Erdmolches sind dünn, lang und in zwei ungleiche — in vielfacher Beziehung sehr verschiedene —

Hälften getheilt. Die eine dieser Hälften ist dicker und kürzer, ziemlich steif, gerade gestreckt oder leicht gekrümmt; die andere dünner, länger, in mannigfachen Curven gebogen und mit einem eigenthümlichen accessorischen Gebilde versehen. Ich will nur, der Kürze wegen, ohne mit folgenden Bezeichnungen irgend eine Deutung zu verbinden, die erstere den Kopf, die letztere den Schwanz nennen.

Der Kopf (Taf. 3, Fig. 1, 2, 3 . . . *mn*) ist im Mittel 0,003475 W. Z. lang und an der Verbindungsstelle mit dem Schwanze 0,00015 W. Z. dick; gegen sein freies Ende verjüngt er sich nach und nach und läuft ziemlich plötzlich in ein ungemein feines $\left(\frac{3 \text{ bis } 4''}{10,000}\right.$ langes$\left.\right)$ Stielchen aus, welches fast immer ein kleines Knöpfchen trägt, oder aber mit kaum sichtbarer Spitze endigt. (Taf. 3, Fig. 1—Fig. 5, *ms*). RUDOLPH WAGNER [1]) hat bei *Salamandra maculata*, DUJARDIN [2]) — obwohl weniger constant, — bei *Triton palmipes* ein ähnliches Knötchen beobachtet und beschrieben; ich kann sein ungemein häufiges Vorkommen an den Samenfäden von *Salamandra maculata* und von mehreren Tritonen bestätigen.

Der Schwanz besteht aus einem Hauptfaden und einem accessorischen Gebilde. Der Hauptfaden hat im Mittel eine Länge von 0,0054 W. Z.; seine Dicke ist an drei verschiedenen Stellen verschieden, und zwar beginnt sein (0,0002″ langes) Kopfende (Taf. 3, Fig. 1. *no*), eben so dick, wie die Basis des Kopfes selbst — von der es durch einen leicht zu übersehenden Querstrich nur undeutlich abgegrenzt wird, — verschmälert sich dann etwas und geht durch einen plötzlichen Absatz in das viel dünnere, aber über zwei Drittel der ganzen Schwanzlänge betragende zweite oder Mittelstück über (Taf. 3, Fig. 1. *op*), welches wiederum durch eine jähe Verjüngung mit dem dünnsten stumpf auslaufenden dritten oder Endstücke (Taf. 3, Fig. 1. *pr*) zusammenhängt. Das kurze Kopfende des Hauptfadens tritt durch die später zu erwähnenden Berstungen des Kopfes in seiner fast birnförmigen Gestalt frei und deutlich hervor.

Das accessorische Gebilde ist eine überaus dünne, glashelle, 0,0003″ und darüber hohe Membran, die von dem Punkte 0 Fig. 1, 2, 3 . . . an, sich zu erheben beginnt und senkrecht auf der Mittellinie der Rückenseite des Hauptfadens mit einem Rande festsitzt, während der andere, etwas verdickte Rand (Fig. 1. *xx*, *yy*, *tt* . . *z*) in einer

[1] RUD. WAGNER, Abhandl. d. math. phys. Klasse d. k. baierischen Akademie der Wissenschaften. Band II. (1831—1836).

[2] DUJARDIN, Ann. d. sc. nat. Série 2. Tom. X. p. 21.

Wellenlinie hin und her gebogen frei in die Flüssigkeit absteht. Am stumpfen Ende des Hauptfadens nimmt die Höhe der Membran wieder so ab, dass der verdickte Rand dasselbe unter einem spitzen Winkel berührt und als ein zarter Ausläufer von 0,0005″ frei überragt (Fig. 1 bei *r*, *rz*). Die Länge der ganzen Spermatozoïden ist somit — 0,009375″ W. Z. Alle eben beschriebenen Formenverhältnisse fand ich an den etwas grösseren Samenfäden von *Salamandra maculata* in gleicher Weise.

Wegen der grossen Durchsichtigkeit der Membran, welche man nur unter den günstigsten Umständen (bei gehöriger Dämpfung des Lichtes) an dem Schatten ihrer sehr regelmässigen Faltungen erkennen kann, erscheint der verdickte Rand wie ein freier, wellenförmig gekrümmter Faden. Die ausführliche Darlegung der Gründe, welche die Existenz dieser Membran ausser Zweifel setzen, werde ich weiter unten (von den Bewegungen der Samenfäden, A.) mittheilen; hier will ich nur bemerken, dass schon POUCHET [1]) das fragliche Gebilde an den Samenfäden von *Triton cristatus* richtig erkannt und übereinstimmend mit der hier gegebenen Darstellung beschrieben hat. Diese Uebereinstimmung scheint mir, — da ich erst nach Vollendung meiner Untersuchungen POUCHET's Arbeit kennen lernte — für die Richtigkeit der Auffassung der erwähnten Verhältnisse zu sprechen. Die bezügliche Stelle in POUCHET's Aufsatz lautet:

»*J'ai vu que ces zoospermes sont surmontés en arrière par une membrâne extrêmement fine, qui est une véritable nageoire de la hauteur de 0,005 de mill. Cette nageoire offre un bord libre d'une étendue plus considérable que celui par lequel elle adhère au corps; aussi il en resulte, que ce bord forme des replis très amples, qui lui donnent l'apparence des collerettes à fraise que l'on portait au XV. siècle, mais dont les plis sont beaucoup plus lâches.*«

II. Vom inneren Baue der Spermatozoïden.

Der Kopf ist ein einfacher, lang gestreckter Schlauch, angefüllt mit einem, das Licht stark brechenden Inhalt. Von dieser Anordnung überzeugt man sich mit grösster Klarheit: 1) bei den nicht selten vorkommenden Berstungen des Kopfes, welche von der Basis gegen das freie Ende hin bis exclusive zu dem Stielchen mit dem Knopfe geschehen, indem sich dann die Bruchränder zurückschlagen, so, dass die Schlauchhaut in ihrer ganzen Breite übersehen werden kann. Der

[1] POUCHET, Compt. rend. hebd. Vol. XX. 1845. p. 1341.

Inhalt, welcher der Schlauchhaut gleichmässig adhärirt, trocknet sammt dieser häufig dem Objectgläschen so fest an, dass die Contouren der Basis des Kopfes fast ganz verschwinden und nur einen, das Licht stark brechenden Fleck hinterlassen, der erst gegen das Stielchen hin wieder festere Umrisse gewinnt. Das Stielchen scheint durch diese Vorgänge, eben so wie der Schwanz, seine Elasticität eingebüsst zu haben; es findet sich öfters stark gekrümmt (Taf. 3, Fig. 7, *b*, *c*, *ms*). 2) Wenn zufällig der Schwanz abgerissen ist, wo dann der Inhalt an der Rissstelle als ein fettartiges Tröpfchen hervorquillt; es gelingt daselbst leicht das Lumen des Schlauchs zu sehen (Taf. 3, Fig. 8, *C* bei *i*, *D* bei *i* und *l*).

Der Hauptfaden des Schwanzes berstet nie und scheint solid zu sein; sein vorderes Ende wird durch die Berstungen des Kopfes, wie bereits erwähnt, deutlicher sichtbar (Fig. 7, *a* bei *no*).

Von der allgemeinen äusseren Umhüllungshaut. Der Hauptfaden des Schwanzes und der Kopf werden durch eine zarte, structurlose und durchsichtige Haut allenthalben umkleidet. Diese Haut liegt den völlig reifen Samenfäden vollkommen eng an und bildet nur am Rücken des Schwanzfadens eine senkrecht stehende Duplicatur — die accessorische Membran.[1] Ob noch irgend ein anderer Bestandtheil die accessorische Membran zusammensetzen helfe, kann ich nicht entscheiden; es muss dies späteren Untersuchungen über die Entwickelungsweise dieser Samenfäden überlassen bleiben. So viel ist gewiss, dass eine allgemeine äussere Umhüllungshaut vorhanden ist; denn in den früheren Entwickelungsstadien, also an den Samenfäden des Hodensamens, findet sich dieselbe, besonders nach Zusatz von Wasser, an der Bauchseite des Kopfes und Schwanzes in Form von Blasen durch Flüssigkeit abgehoben. Solcher Blasen kommen sehr häufig mehrere und zwar an den verschiedensten Stellen vor, ausgenommen die Strecken von *m* bis *s*, *n* bis *o* und *r* bis *z* in Fig. 1, 2, 3 . . . Taf. 3, zum Beweise, dass zwischen den genannten Punkten die Umhüllungshaut früh fest anwachse. Die innerhalb dieser Blasen verlaufenden Theile des Kopfes und Schwanzes besitzen scharfe und bestimmte Contouren. Ist die Verdünnung des Samens bedeutend, so werden die Blasen kugelig und dehnen sich wachsend über grössere Körperstrecken aus. Auf diese Weise geschieht es z. B., dass der Kopf durch

[1] POUCHET folgert, ohne die gleich zu erwähnenden blasigen Erhebungen, wie es scheint, zu kennen, aus der Existenz der accessorischen Membran selbst das Vorhandensein einer Umhüllungshaut — als morphologische Nothwendigkeit. *Théorie positive de l'ovulation spontanée* . . . etc. — par F. A. POUCHET. Paris 1847.

die immer zunehmende blasige Erhebung gekrümmt und zusammengebogen wird, und endlich spiralig gewunden mit dem Rücken an die innere Oberfläche einer grossen Blase befestigt und von ihr ganz eingeschlossen erscheint (Taf. 3, Fig. 8, *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *G*. —).

Der Umstand, dass sich die schlauchförmig ausgedehnte Umhüllungshaut durch Imbibition in eine grosse kugelige Blase verwandeln lasse, giebt einen bedeutungsvollen Wink über ihre Entstehungsweise, indem sie in den angeführten Vorgängen offenbar die durchlaufenen Entwickelungsstadien bis zur ursprünglichen Kugelgestalt nur wieder herabsteigt. Sollte sie etwa die durch das Wachsthum des Samenfadens ausgedehnte Membran jener Kerne sein, in welchen Kölliker die Samenfäden sich entwickeln sah? — Uebrigens scheinen mir die beschriebenen blasenförmigen Erhebungen jenen räthselhaften Anschwellungen, die Kölliker[1]) an den unreifen Samenfäden so vieler Thiere beobachtet hat, zu entsprechen.

Von Aussen nach Innen vorgehend, findet man somit den Kopf: 1) aus der Umhüllungshaut, 2) der Schlauchhaut, 3) dem Inhalte; und den Schwanz: 1) aus der Umhüllungshaut, 2) dem soliden (?) Hauptfaden zusammengesetzt. (Taf. 3, Fig. 9, Fig. 10).

III. Von den Bewegungen der Samenfäden.[2])

Die Spermatozoïden kommen im Hodensamen: 1) einzeln und frei suspendirt vor; 2) durch zufällige Aneinanderreihung in grösseren welligen oder verfilzten Massen vereinigt, und 3) auf einem kugeligen granulösen Körper, wie die Blüthen der Syngenesisten auf dem Blüthenboden, mit den Köpfen festsitzend und wie die Radien einer imaginären Kugel angeordnet. Diese letzte Art des Vorkommens unreifer Samenfäden fand Kölliker[3]) bekanntlich im Samen vieler Thiere. Im *Vas deferens* finden sie sich meist isolirt und frei beweglich. Die Bewegungen der ganzen Samenfäden werden durch diese zufälligen Arten des Vorkommens natürlich verschiedentlich gehindert und modificirt.

Ich werde zuerst die Bewegungen der accessorischen Membran, sodann die des Kopfes und des Schwanzes, und endlich die aus diesen beiden Momenten resultirenden Arten der Ortsveränderung der ganzen Samenfäden beschreiben.

[1] Kölliker: Die Bildung der Samenfäden in Bläschen . . . etc. Neuenburg 1846.

[2] Das in diesem Abschnitt Mitgetheilte gilt im Allgemeinen von den Samenfäden der Salamander sowohl, als der Tritonen.

[3] Kölliker a. a. O.

A. Die accessorische Membran bewegt sich in fortschreitenden Undulationen. Ihre Bewegungen bestehen somit, wie es im Begriff der fortschreitenden Wellenbewegung liegt, eigentlich darin, dass die einzelnen Systeme der, in einer senkrechten Linie über einander liegenden Punkte des Randes und der Membran Pendelschwingungen von rechts nach links machen, jedoch die, vertikal auf der Anheftungslinie der Membran stehende Ebene — (in Taf. 3, Fig. 10 als Linie *AB*) —, welche die ganzen Undulationen der Länge nach in zwei congruente Hälften theilt, in verschiedenen, auf einander folgenden Zeitmomenten passiren. (Vgl. die Erklärung der Abbildung Taf. 4).

Man kann sich zum bessern Verständniss des Gesagten die accessorische Membran wie durch Verwachsung einer geradlinigen Reihe von Flimmerhaaren, welche nacheinander pendelartig schwingen, entstanden denken. Das scheinbare Fortschreiten der Undulationen geschieht in der Richtung von vorn nach hinten, gegen das freie Schwanzende.

Die Wellenlinie, in welcher der verdickte Rand sich fortschreitend hin und her biegt, verläuft in einer gekrümmten Fläche, deren Krümmungshalbmesser gleich ist der Höhe der accessorischen Membran; wie sich bei einiger Ueberlegung und genauerer Betrachtung des idealen Querschnittes des Schwanzes ergiebt (Taf. 3, Fig. 10). Dieser letztere, auch von POUCHET übersehene Umstand ist der Schlüssel zur richtigen Deutung der verschiedenen Formen, unter welchen das Flimmerphänomen auftritt (vgl. Erklär. der Abbild. Taf. 4). Die Samenfäden bieten sich nämlich durch ihre vielfachen Krümmungen und Biegungen dem Auge von allen möglichen Seiten zur Beobachtung dar, so zwar, dass gewöhnlich an einem und demselben Samenfaden die Undulationen der Membran aus ganz verschiedenen Gesichtspunkten zu gleicher Zeit zu sehen sind. Hält man aber die oben gegebene Auffassung dieser Bewegungen, so wie das über die Gestalt der Membran Mitgetheilte fest, so wird es unschwer sein, sich für jedes relative Lagerungsverhältniss des Samenfadens gegen den Beobachter die durch diese bestimmten Umstände nothwendig bedingten Verkürzungen und scheinbaren Gestaltveränderungen der Undulationen der Membran zu erklären und selbst im Voraus zu skizziren.

Auf dem Papiere kann man die Projection der Krümmungslinie des verdickten Randes für die verschiedensten Gesichtspunkte leicht construiren (s. Taf. 4); im Mikroskop dagegen tritt der die Auffassung erschwerende Umstand ein, dass nur die im Focus gelegenen Punkte des Objectes deutlich, die übrigen, in Zerstreuungskreisen verschwimmend, undeutlich oder gar nicht zu erkennen sind; doch wird es auch

hier öfter gelingen, durch rasches Vergrössern oder Verkleinern der Focaldistanz eine vollständige Anschauung zu erhalten.

Es wäre zwecklos und viel zu ermüdend, hier ausführlicher auf die Menge der einzelnen Erscheinungen bei den verschiedenen Lagen der Samenfäden einzugehen; nur jener speciellen Fälle soll noch Erwähnung geschehen, durch deren einseitiges Festhalten die bisher über das Flimmerphänomen an den Samenfäden der Salamander und Tritonen aufgestellten Hypothesen hervorgerufen wurden, um diese letzteren zu erklären und zu berichtigen.

Bei einer totalen Seitenansicht, besonders, wenn die Membran rasch undulirt, müssen die im Focus liegenden Theile des verdickten Randes als kleine Pünktchen erscheinen, welche, durch bestimmte Zwischenräume von einander getrennt, in constanter Entfernung von der convexen Seite des gekrümmten Schwanzes von vorn nach hinten laufen (Taf. 3, Fig. 6). Die Pünktchen sind begreiflicher Weise mit Zerstreuungskreisen umgeben, welche alternirend gleiche Gestalten haben. Auf diese Art präsentirt sich das Flimmerphänomen wohl am häufigsten. Spallanzani[1]) und Mayer[2]) wurden durch solche Bilder getäuscht, wenn sie von ruderförmigen Härchen und laufenden Flimmerkügelchen sprachen.

Eine ganz andere Anschauung erhält man, wenn man senkrecht auf den Rücken des Schwanzes von oben herabsieht; es liegt dann der Schwanz in der Mitte, während rechts die Wellenthäler und links die Wellenberge des undulirenden Randes hervorragen (Taf. 4, Fig. 3 und Taf. 3, Fig. 1, *ttt*, Fig. 2, *w . . t*). Wegen der schon erwähnten Durchsichtigkeit der Membran könnte man hier den Rand mit einem freien, spiralig um den Schwanz laufenden Faden verwechseln (wie Siebold, Wagner und Dujardin wirklich gethan haben), wenn nicht die Ueberkreuzungsstellen bei *ttt* Fig. 1 bei jedweder Focaldistanz unter einander denselben grössern oder geringern Grad der Deutlichkeit zeigten, was doch unmöglich der Fall sein könnte, wenn der verdickte Rand in der That einmal hinter dem Schwanze auf seiner Spiraltour herumliefe und diesen kreuzte. Bei Dujardin[3]) selbst findet sich folgende Stelle: »*M. de Siebold qui tout d'abord a adopté l'hypothèse de l'enroulement en spirale, dit bien qu' avec un fort grossissement on ne voit pas en même temps au foyer les deux côtes opposés de la spire ce qui ne laisserait aucun doute sur sa vraie disposition; mais je le*

[1] Spallanzani: *Opuscoli di fisica animale.* Modena 1776. V. II. p. 26.

[2] Mayer: Froriep's N. Bd. L. p. 165. 1836.

[3] A. a. O.

dois dire que je n'ai pû bien saisir ce charactère. « — Um sich mit völliger Evidenz zu überzeugen, dass man es hier mit keiner spiraligen Umwickelung des Schwanzes durch einen freien Faden, mag dieser nun als das lange dünne Ende des rücklaufenden Schwanzes selbst (SIEBOLD,[1] WAGNER[2]), oder als ein selbständiger, von der Vereinigungsstelle des Kopfes und Schwanzes entspringender Spiralfaden (DUJARDIN[3]) angesehen werden, zu thun habe, erwäge man folgenden Umstand: Bei einer gewissen seitlichen Lage des Samenfadens kann man nämlich den verdickten Rand als regelmässige Wellenlinie in einiger Entfernung neben dem Schwanze seiner ganzen Länge nach verlaufen und unduliren sehen, ohne dass er auch nur ein einziges Mal denselben überkreuzte (Taf. 3, Fig. 4). Eine theilweise solche Juxtaposition lässt sich an der convexen Seite jeder plötzlichen Umbiegungsstelle des Samenfadens leicht erkennen (Taf. 3, Fig. 2 *w*).

Auch hat DUJARDIN[4]) dergleichen selbst gesehen, er beschwichtigt aber seine ihm über den freien Spiralfaden aufsteigenden Zweifel durch folgende Betrachtung: »*Cependant on peut à la rigueur supposer qu'en raison de son* (nämlich des freien Spiralfadens) *mouvement ondulatoire plus vivement agité sur un point il se trouve momentanement un peu deroulé sur un autre point.*«

Es ist somit klar, dass der verdickte Rand nicht in einer Spiraltour um, sondern in einer Wellenlinie neben dem Schwanze verlaufe.

Hier scheint der passendste Ort, die Gründe, welche für die Existenz einer accessorischen Membran in der beschriebenen Gestalt sprechen, näher auszuführen:

1) Der verdickte Rand der Membran, oder — wie ich ihn vorläufig nennen will — der freie undulirende Faden, verläuft parallel mit und neben dem Hauptfaden des Schwanzes.

2) Er folgt in geringer Entfernung von der convexen Seite des gekrümmten Hauptfadens genau allen Einrollungen desselben, ohne sich über eine gewisse Distanz zu entfernen.

3) Endlich kann man bei gehöriger Dämpfung des Lichtes, besonders an Krümmungsstellen des Schwanzes, wie in Taf. 3, Fig. 3, zarte Schatten in regelmässigen Entfernungen von einander zwischen seiner convexen Seite und dem freien Faden entdecken.

[1] Fror. N. Bd. II. p. 281. Nr. 40. 1837.
[2] A. a. O. [3] A. a. O. [4] A. a. O.

Erwägt man diese drei Punkte, so bleiben nur drei Wege übrig, um sie zusammenzureimen: 1) Entweder muss man eine hypothetische Anziehungskraft zwischen dem freien Faden und dem Schwanze annehmen, wobei jedoch der dritte Punkt unerklärt bliebe, oder 2) den freien Faden für den verdickten Rand einer glashellen, auf dem Rücken des Schwanzes sitzenden Membran halten, welche denselben, wie das Mesenterium den Darm an die hintere Bauchwand, an den Hauptfaden des Schwanzes befestigt. 3) Endlich könnte auch hier mit WAGNER[1]) die Ansicht geltend gemacht werden, dass das Flimmerorgan aus einer Reihe coordinirt oscillirender Flimmerhärchen bestehe, die den Schein eines Fadens und einer Membran erzeugen. Dass von den drei Erklärungsweisen die zweite unbedingt den Vorzug verdiene, ist meine feste Ueberzeugung.

Die Schnelligkeit der Undulationen ist nicht immer dieselbe, sie wächst und verringert sich; dasselbe gilt auch von ihrer Breite. Stellenweise hören die Schwingungen der Membran ganz auf, während sie an andern Punkten fortdauern. Vor dem gänzlichen Stillstand der Bewegung geschehen sie ruckweise.

B. Die langsamen und fast unmerklich erfolgenden Bewegungen des Kopfes und Schwanzes bestehen darin, dass diese Körpertheile bestimmte Krümmungslinien annehmen und diese eine Zeit lang starr beibehalten. 1) So krümmen sich die freien Samenfäden gewöhnlich in Form einer Spirallinie, welche man auf einem Kegel verzeichnen kann, also völlig in der Art, wie der Gang eines Schneckenhauses um den Modiolus aufgewunden ist. Die Projection dieser Curve in der Längsaxe ist eine ebene Schneckenlinie (Taf. 3, Fig. 1 A, Fig. 2 A), in der Queraxe eine Wellenlinie von immer wachsender Breite. Die Windungen sind bald weiter, bald enger, es sind deren meist eine und eine halbe. 2) Oft schlägt sich der Kopf nach rückwärts, während der Schwanz ein Segment eines Kreises darstellt (Fig. 4). 3) In Fig. 3 und Fig. 5, Taf. 3, sind noch andere, häufig vorkommende Einrollungen des Schwanzes dargestellt.

Die accessorische Membran sitzt immer auf der convexen Seite der Krümmungen.

C. Die Ortsveränderungen der ganzen Samenfäden resultiren aus den in A und B hervorgehobenen Momenten; beide Momente bedingen

[1] A. a. O. — WAGNER's frühere, von ihm selbst aufgegebene Ansicht. Die Flimmerhaare müssten in einer geraden Linie, auf dem Rücken des Schwanzes stehend, gedacht werden, nicht aber, wie WAGNER meint, in einer gezogenen Spirale!

in gleichem Maasse die Möglichkeit und Art der Bewegungen. Die regelmässigen Undulationen der accessorischen Membran sind das Treibende; in ihnen liegt die eigentliche motorische Kraft; die starren Krümmungslinien des Schwanzes und Kopfes hingegen sind der fixe Angriffs- und Stützpunkt der treibenden Schwingungen der Membran; sie bestimmen, ob und inwieweit sich die Wirkungen der Undulationen aufheben oder nicht, sie geben die Richtung der Locomotionen an.

Man sieht leicht, wie wesentlich dieser letztere, bisher noch nicht genug gewürdigte Umstand sei, und welche grosse Rolle bei den allgemeinen Ortsveränderungen der Samenfäden somit die Curven des Kopfes und Schwanzes spielen.

Die Darstellung einiger speciellen Fälle wird den Typus dieser Bewegungen klar machen und die Richtigkeit meiner Auffassung erweisen.

1) Ein frei im Samen suspendirter Samenfaden hat sich in einer Spirale von der unter B. 1. beschriebenen Form gekrümmt und behält diese Gestalt eine Zeitlang fort. Wenn nun die accessorische Membran, welche auf der convexen Rückenfläche des Schwanzes festsitzt, in der erklärten Weise in rasche, von vorn nach hinten fortschreitende Undulationen geräth, so muss nothwendig der Samenfaden um die imaginäre Axe seiner Curve herumgewälzt werden, und zwar in der den fortschreitenden Undulationen entgegengesetzten Richtung (Fig. 1 bei A). In der That bohrt sich der Samenfaden, auf diese Art rotirend, durch die Flüssigkeit gleichsam weiter, und ist im Stande, seinen Ort zu verändern und ziemlich rasch aus dem Gesichtsfelde zu verschwinden. Sind die Windungen der Spirale nicht breit (Taf. 3, Fig. 1 B), so sieht es fast aus, als ob der Samenfaden in schlängelnder Bewegung einherschwömme; doch ist dies keineswegs der Fall, wie man deutlich bei rascher Veränderung der Focaldistanz erkennt. Wenn daher R. WAGNER[1]) von einer schlängelnden Bewegung der Samenfäden der Salamander und Tritonen spricht, so mag dies hiermit seine Erklärung und Berichtigung finden.

2) Hat der Schwanz eines Samenfadens die Krümmung eines Kreissegments angenommen, während der Kopf zurückgeschlagen ist, wie in Figur 4, so ist die Art und Richtung der Ortsveränderung eine ganz andere, als im Falle 1. An den Undulationen der Membranen hat sich zwar nichts geändert, sie pflanzen sich von vorn nach hinten fort, wie im ersten Falle; doch da die Krümmungslinie des Schwanzes ein Kreissegment geworden ist, die Undulationen somit in einer Ebene

[1] Lehrbuch der Physiologie.

wirken, so schwimmt der Samenfaden in einem weiten Kreise umher, ohne aus dem Gesichtsfelde des Mikroskops herauszukommen. In diesem speciellen Falle ist noch die steuernde Wirkung des nach hinten abstehenden Kopfes zu berücksichtigen.

3) Ist der Samenfaden vielfach zusammengebogen, so dass sich die Wirkungen der Undulationen aufheben, so bleibt derselbe ruhig liegen, bis auf das freie Schwanzende, welches, so lange die Schwingungen dauern, in zitternder Bewegung erhalten wird.

Betrachtet man eine Partie Samen aus den Hoden, so findet man häufig die Samenfäden ganz ruhig neben einander liegend; erst später (besonders nach Verdünnung mit Wasser) beginnt hie und da und endlich überall Bewegung. Liegen die Samenfäden in grossen Massen beisammen, wie oben erwähnt, so beobachtet man entweder ein unregelmässiges Gewimmel oder gleichmässige wellige Biegungen, wie an einem vom Winde bewegten Getreidefelde; zu gleicher Zeit fallen bei gehöriger Aufmerksamkeit unter sich parallele, senkrecht auf der Längsaxe des Spermatozoïden stehende Schattenstreifen in die Augen, welche schnell hinter einander herlaufen, — sie rühren von den gleichmässigen Krümmungen der verdickten Ränder der undulirenden Membranen her. Im Samen aus dem *Vas deferens* herrscht immer die lebhafteste Bewegung.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 3.

Fig. 1. B. Ein Samenfaden aus dem *Vas deferens* von *Salamandra atra*. *mn* der Kopf, *ms* das Stielchen, bei *m* das Knöpfchen. *no* das breite Kopfende des Hauptfadens des Schwanzes, *op* das Mittelstück, *pr* das dünne Endstück desselben. *xx*, *yy*, *ww*, *tt*, *vv* der verdickte Rand der undulirenden Membran. Da der Schwanz in einer Spirale gebogen ist und die Membran auf seiner convexen Seite sitzt, so erscheint der Rand bei *yy* neben, bei *xx* unter, bei *ww* neben, bei *tt* über, endlich bei *vv* wieder neben dem Schwanze. *rz* der freie Ausläufer des verdickten Randes.

Fig. 1. A. Projection der Krümmungslinie des Samenfadens bei B. Das freie Kopfende *m*, das Schwanzende *z*. Die beiden Pfeile zeigen die Richtung der durch die fortschreitenden Undulationen der Membran bewirkten Rotation des gekrümmten Samenfadens um seine im Punkte *m* projicirte ideale Axe an.

In den übrigen Figuren bezeichnen dieselben Buchstaben dieselben Gegenstände, wie in den eben erklärten Abbildungen.

Fig. 2. A. Projection der viel weiteren Spiralwindung des Samenfadens bei Fig. 2. B. Die Pfeile haben dieselbe Bedeutung, wie in Fig. 1. A.

Fig. 2. B. Ein Samenfaden aus dem Hodensamen. Bei *d* die blasige Erhebung der Umhüllungshaut, welche, da man den Samenfaden nicht total von der Seite sieht, am unteren Seitenrande des Kopfes mit einem schmalen Segmente hervorsieht.

Fig. 3. Ein Samenfaden aus den Hoden. Bei *d* und *d'* die blasigen Erhebungen der Umhüllungshaut. Die Pfeile zeigen die Richtung der fortschreitenden Undulationen der Membran an. Der Schwanz bildet in seiner hintern Hälfte eine Schlinge; zwischen ihm und dem verdickten Rande der Membran bemerkt man zarte Schattenstreifen, welche von den regelmässigen Faltungen der letztern herrühren.

Fig. 4. Ein Samenfaden aus dem *Vas deferens*, dessen Kopf nach rückwärts geschlagen ist. Da sich der Schwanz fast völlig von der Seite präsentirt, so sieht man den verdickten Rand in Form einer Wellenlinie seiner ganzen Länge nach neben dem Schwanze verlaufen.

Fig. 5. Der Schwanz des Samenfadens bildet eine doppelte Schlinge. Am Kopf findet sich die Umhüllungshaut an zwei Stellen (*d* und *e*) abgehoben. Das Stielchen läuft bei *m* in eine zarte Spitze aus, ohne ein Knötchen zu tragen.

Fig. 6. Der Samenfaden präsentirt sich in totaler Seitenansicht. Die im Focus liegenden Stücke des verdickten Randes erscheinen somit als Punkte, die, alternirend, mit gleichgestalteten Zerstreuungskreisen umgeben sind.

Fig. 7. Geborstene Köpfe. Man übersieht die ganze Breite der Schlauchhaut, welche letztere geborsten und auf das Objectgläschen zurückgeschlagen ist. Das Stielchen *ms* (bei *b* und *c*) findet sich gekrümmt. Das Schwanzende des geborstenen Kopfes (*b* und *c*) ist angetrocknet und hat seine scharfen Contouren verloren. *hh* (bei *b*) die angetrockneten Falten der accessorischen Membran. Bei *no* ist das nun frei sichtbare Kopfende des Schwanzes dargestellt.

Fig. 8. A, C und E, stellen das Wachsen der blasigen Erhebungen der Umhüllungshaut in verschiedenen Stadien vor. Es gelingt oft an einem und demselben Samenfaden, diese Abhebung der Umhüllungshaut von Stufe zu Stufe zu verfolgen. In *A* sieht man die Blase vom Rücken aus, in *B* von der Seite.

Das hintere Kopfende ist durch das Anschwellen der Blase, wie ein Bogen durch die angespannte Sehne, gekrümmt. In *E* und *G* beginnt die Lostrennung der Umhüllungshaut vom freien Kopfende; es ist ebenfalls stark gekrümmt. In *C* und *D* ist die Umhüllungshaut schon völlig zu einer grossen Blase ausgedehnt, an deren innerer Fläche der Samenfaden (*S*) spiralig zusammengebogen mit dem Rücken festhaftet. Der Schwanz ist abgerissen; an der Rissstelle tritt der Inhalt (*i*) als ölartiges Tröpfchen heraus. In *D* bei *l* sieht man durch den durchsichtigen Inhalt hindurch das kleine Lumen des Kopfschlauches.

Fig. 9. Idealer Querschnitt des Kopfes, um den innern Bau desselben zu veranschaulichen. a) Umhüllungshaut, b) Schlauchhaut, c) Inhalt.

Fig. 10. Idealer Querschnitt des Schwanzes. a) Die Umhüllungshaut, b) die accessorische Membran als Duplicatur derselben; bei *d* der Querschnitt des verdickten Randes; b) der solide (?) Hauptfaden. *A B* ist die auf die Bildfläche projicirte, senkrecht auf der Anheftungslinie der Membran stehende Ebene. Bei $d, d', d'' \ldots d^5$ ist der Stand des Durchschnittes des verdickten Randes in verschiedenen Zeitmomenten seiner Pendelschwingungen dargestellt. Ergänzt man sich in der Vorstellung das gegebene Bild, so sieht man leicht ein, dass sich der verdickte Rand, als Ganzes betrachtet, in einer doppelt gekrümmten Linie hin und her biege, weil mit der Abweichung des Punktes *d* von der Vertikalen *A B* zugleich eine Entfernung von der Horizontalen *A' B'* verbunden ist. Der Punkt d^5 liegt sowohl von *A B*, als von *A' B'* (sowie der Punkt *d*) am weitesten entfernt.

Tafel 4.

Die idealen Skizzen der Tafel 4 sind entworfen worden theils, um den Typus der Bewegungen der accessorischen Membran anschaulicher zu machen, theils, um wenigstens einige jener sonderbaren Gestalten, die durch perspectivische Verkürzung der Membran entstehen, aufzuzeigen.

Fig. 1. Idealer Querschnitt. Der Kreisbogen *ab* ist der Weg, welchen der in der Bild- oder Querschnittsebene gelegene Punkt des verdickten Randes bei seinen Schwingungen zu durchlaufen hat. Man kann auch sagen, *ab* sei die Projection der doppelten Wellenlinie des Randes, und *abc* die Projection der ganzen accessorischen Membran auf die Querschnittsebene.

Fig. 3 stellt jene Curve dar, welche durch die Projection des Randes auf die Ebene *adb* in Fig. 1, Taf. 4 entsteht. Es ist eine Ansicht des Samenfadens von oben. Man sieht, dass die Wellenberge des Randes auf der einen, die Wellenthäler auf der andern Seite der Medianlinie oder des Schwanzes liegen.

In Fig. 2, welche den Samenfaden von der Seite oder, was dasselbe ist, in der Projection auf die Ebene *edc*, Fig. 1, Taf. 4 darstellt, sind die hinter der Bildfläche liegenden Theile des gekrümmten Randes punktirt, die vor derselben liegenden durch volle Linien markirt. Die hier entworfene zweite Krümmungslinie des Randes besitzt genau noch einmal so viel Wellenthäler und Wellenberge, als die erste in Fig. 3, Taf. 4 dargestellte.

Fig. 4, 5 und 6 stellen einige jener scheinbaren Gestaltveränderungen der Krümmungslinie des Randes dar, welche bei einer gewissen Neigung des Samenfadens gegen den Beobachter entstehen.

Fig. 6 ist die Projection der accessorischen Membran eines unter 32° gegen die Bildfläche geneigten Samenfadens (s. Fig. 3, Taf. 4 *AB*).

In Fig. 4 beträgt die Neigung 45° (vergl. Fig. 3, *BC*).

In Fig. 5 dagegen 60° (Fig. 3 *CD*).

Unter dem Mikroskope wird man zwar nie solche Bilder im Ganzen zu sehen bekommen, da die einzelnen Punkte des Randes in verschiedenen Ebenen und also nicht alle im Focus liegen; wohl aber werden Bruchstücke dieser complicirten Linien momentan im Focus erscheinen. Durch diesen Umstand wird die Auffassung genannter Verhältnisse erschwert.

So wie Fig. 10, Taf. 3 den Stand des Querschnittes des verdickten Randes in verschiedenen Zeitmomenten seiner Pendelschwingungen darstellt, ebenso veranschaulicht Fig. 7, Taf. 4 den Stand der ganzen Krümmungslinie des Randes zu verschiedenen Zeitmomenten und zwar bei der Ansicht von oben.

Im ersten Zeitmomente $t = o$ (Fig. 7) befindet sich der Punkt α in der Medianlinie, wenn der Punkt β schon $^1/_4$, der Punkt γ $^2/_4$, δ $^3/_4$ einer Pendelschwingung durchlaufen hat. Der Punkt ε befindet sich in demselben Verhältnisse wie α. Der Punkt γ steht zwar ebenfalls in der Medianlinie, ist aber im Begriff, nach links abzuweichen, während α nach rechts tendirt. Im nächsten Zeitmomente ist die Stellung aller Punkte verändert (vgl. die punktirte Linie mit der Bezeichnung $t = {}^1/_4$).

Es ist dies der Stand der Punkte im ersten Viertel der Dauer einer Schwingung. Verfolgt man die dünne Linie mit der Bezeichnung $t = {}^1/_2$, so erfährt man den Stand der Punkte während der halben Schwingungsdauer. Die Linie mit der Bezeichnung $t = {}^3/_4$ zeigt die Stellung der Punkte nach Verlauf von $^3/_4$ der Zeit, welche zu einer Schwingung benöthigt wird. Die Linie $t = 1$ fällt mit der Linie $t = o$ zusammen, d. h. nach Zurücklegung einer Schwingung stehen alle Punkte so, wie sie vor Beginn der Bewegung standen.

Geschieht diese Verstellung der Punkte stetig hinter einander, so hat es den Anschein, wie wenn die ganze Linie in der Richtung, welche der Pfeil anzeigt, schlängelnd fortkröche.

III.

Verästelungen der Primitivfasern des Nervus acusticus.

[*Zeitschr. f. wissensch. Zoologie etc. 1850. Bd. II. S. 105.*]

(Hierzu Tafel 5.)

Trotz mannichfacher Bemühungen war man bisher nicht im Stande, das peripherische Verhalten des *Nervus acusticus* zu ermitteln. Ob die Primitivfibrillen desselben frei auf den Membranen des häutigen Labyrinths endigen oder ob sie einfache Schlingen bilden, ist noch völlig unentschieden; eben so wenig sind Theilungen und Verästelungen der Primitivfibrillen beobachtet worden.

Was meine Untersuchungen über diesen Gegenstand betrifft, so haben sie mir zwar keine klare Einsicht in die eigentliche Endigungsweise des Hörnerven verschafft, jedenfalls aber — wenigstens für den Stör (*Acipenser Sturio*) — das unzweifelhafte Resultat ergeben, dass sich die Primitivfibrillen des Acusticus theilen und verästeln.

Die Ausbreitung des Hörnerven auf dem häutigen Labyrinth des Störs ist bekannt genug und ich gebe deshalb, behufs der weiteren Mittheilung blos ein allgemeines Schema seiner Verzweigungen.

Derselbe spaltet sich in einen vorderen und einen hinteren Ast: ersterer versorgt die vorderen Partieen des Vestibulum und die Ampullen des vorderen und äusseren (horizontalen) *Canalis semicircularis*, letzterer das Säckchen (*Saccus lapillorum*), die hinteren und mittleren Partieen des Vestibulum, sowie die Ampulle des hinteren *Canalis semicircularis*.

Jene Stellen, welchen die Nervenfasern zugeführt werden, sind genau bestimmt und scharf begrenzt. So finden sich die Nerven in den Ampullen blos an zwei nierenförmigen Flächen vertheilt, welche

symmetrisch zu beiden Seiten des *Septi transversi* liegen[1]; während der übrige Theil der halbkreisförmigen Kanäle gar keine Nerven hat. Im Vestibulum und dem Saccus verbreiten sich die Nerven theils an den tellerförmigen, mit einem Wulst umzogenen, flachen Vertiefungen, in denen die Otolithen liegen, theils an anderen bestimmten Punkten (so ist z. B. die Nervenverbreitung in der Ampulle des äussern oder horizontalen halbkreisförmigen Kanals durch ein langgestrecktes Geflecht mit den Nerven der Grube des vordersten Otolithen verbunden u. s. w.). Der übrige verhältnissmässig grössere Theil des Vorhofs und seiner Anhänge bleibt jedoch ganz ohne Nerven.

Haben die einzelnen Aeste des Acusticus nach kürzerem oder längerem Verlauf jenen Punkt des Labyrinths, für welchen sie bestimmt sind, erreicht, so dringen sie daselbst in die Membran ein und lösen sich in ihre Primitivfibrillen auf. Die Haut des Labyrinths ist sehr dick, stark durchscheinend, fast knorpelig und gestattet eben wegen ihrer Dicke nicht blos eine Ausbreitung der Nerven in der Fläche, sondern in allen drei Dimensionen des Raumes. Schneidet man das Vestibulum, den Saccus und die Ampullen auf, und betrachtet nach Entfernung der eingeschlossenen Otolithen und der, im Vestibulum wenigstens, der Glasfeuchtigkeit des Auges ähnelnden Flüssigkeit die innere Oberfläche der Haut des Labyrinths, so bemerkt man an den angegebenen Punkten umschriebene, weissliche Flecken, welche, wie die mikroskopische Untersuchung erweist, die durchschimmernden Endverbreitungen der Nerven sind.

Die Art, wie sich die Primitivfibrillen an den verschiedenen Stellen verbreiten, ist nicht gleich. In den Ampullen laufen sie vom *Septum transversum* aus ziemlich in einer Ebene strahlenförmig auseinander; in den Gruben der Otolithen hingegen ziehen sie mannigfach gekrümmt und gebogen in verschiedenen Höhen über und untereinander in der Substanz der verdickten Membran des Labyrinths herum.

Unzweifelhaft freie Enden der Nervenfasern habe ich nirgends gesehen, eben so wenig deutliche Endumbiegungsschlingen, mit völliger Sicherheit aber Verzweigungen der Primitivfibrillen. Ich fand dieselben sowohl in den Ampullen, als dem Vestibulum und dem Saccus.

In Fig. 3, Fig. 5 und Fig. 6 (Taf. 5) sind mehrere dieser Fälle abgebildet. Die Theilung der Nervenfibrillen ist nicht blos dichotomisch, sondern auch mehrfach und wiederholt. Fig. 5 stellt eine

[1] Vergl. Dr. Karl Steifensand: »Untersuchungen über die Ampullen des Gehörorganes«. Müll. Arch. 1835. S. 171.

Faser dar, welche sich bei *a* in drei Aeste spaltet, von denen der mittlere eine abermalige gablige Theilung zeigt.

An einem der untersuchten Labyrinthe allein habe ich im Ganzen acht Theilungen beobachtet. Der Durchmesser der Nervenfasern ist bedeutend, bis $^{8}/_{825}'''$ und darüber; unter den Aesten massen mehrere $^{7}/_{825}'''$.

Ueber die Methode der Untersuchungen will ich noch folgendes bemerken.

Labyrinthe in ganz frischem Zustande, aus den noch lebenden Thieren herausgeschnitten, konnte ich nicht erhalten; immer waren seit der Tödtung des Thieres mit Einschluss der zeitraubenden Präparation einige Stunden verflossen. Die feinsten Vertheilungen der Nerven fand ich dann schon allemal alterirt und unkenntlich; die Contouren der letzten Enden entzogen sich — wie auch WAGENER (Handwörterbuch Bd. III, p. 389) bemerkt — oft plötzlich dem Blick. Die Theilungen der Primitivfasern hingegen konnten an passenden Stellen, wo die Nerven nicht zu dicht beisammen liegen, beobachtet werden.

Lässt man das Labyrinth einige Zeit in einer concentrirten Kochsalzlösung liegen, so hat dies — abgerechnet die Veränderung des Nervenmarks — den Vortheil, dass durch die Entfernung der aufgelockerten inneren Epithelialschicht, welche sich abpinseln lässt, eine grössere Durchsichtigkeit, wenigstens eine Verringerung der die Nerven deckenden Elemente bewirkt werden kann.

Ich habe noch eine andere Art der Behandlung des Gegenstandes versucht, welche zwar keinen Aufschluss über die Art der Endigung der Hörnerven zu geben im Stande war, weil wegen der erfolgten Trübung der Membran des Labyrinths die Verzweigungen der Nerven zerfasert werden mussten und hierdurch aus ihrem natürlichen Zusammenhange gebracht wurden, welche aber einerseits die Theilung der Nervenfibrillen auf die eclatanteste Weise bestätigte, andererseits ein für die Theilung der Nervenfibrillen überhaupt wichtiges Verhältniss mit grosser Sicherheit erkennen liess.

Diese Behandlungsart besteht darin, dass das Labyrinth längere Zeit in eine Sublimatsolution gelegt wird. Das Sublimat besitzt nämlich, wie Professor PURKINĚ entdeckt und mir vor geraumer Zeit mitgetheilt hat, die ausgezeichnete Eigenschaft erstens, den Axencylinder der Nervenfasern zu härten, und in einen consistenten, elastischen Faden zu verwandeln, welcher einer, mit der Zerfaserung verbundenen Zerrung oder möglichen Zerreissung in gewissen Grenzen sehr gut widersteht[1]; und zweitens, die Markscheide in ihrer che-

[1] Ich kann eine besonders auffallende Beobachtung an einem Stück des Rückenmarks des Störs, welches längere Zeit in Sublimat gelegen hatte, als einen

mischen wie mechanischen Veränderung nicht zu hindern, so dass dieselbe theils gänzlich von den Axencylindern abfällt, theils in röhrenförmigen Bruchstücken sitzen bleibt (Fig. 1).

Ich versprach mir daher von der Behandlung mit Sublimat wenigstens den guten Erfolg, ein sicheres Resultat über das Verhalten des Axencylinders an den Theilungsstellen der Nervenfasern zu erhalten und damit zugleich die Theilung der Primitivfibrillen des Acusticus ausser allen Zweifel zu setzen; obschon ich wegen der vermuthlichen Trübung der Membran des Labyrinths, welche, wie ich später sah, auch durch Essigsäure nicht gehoben werden konnte, im Voraus auf die Ermittelung der eigentlichen Endigungsweise der Nerven verzichten musste.

Meine Vermuthung wurde gerechtfertigt; die Axencylinder waren in allen Nervenfasern zu sehen und zu elastischen Fäden erhärtet, theils frei und nackt, theils durch die deckende Markscheide durchschimmernd.

Der Durchmesser der Axencylinder war verschieden, häufig $^{2}/_{825}'''$; ihre Gestalt entweder cylindrisch oder, und zwar in den meisten Fällen platt gedrückt, bandartig; ihre Contouren waren mehr oder weniger scharf und dunkel, geradlinig oder varicös (Fig. 7); ihre Substanz meist fein granulirt, blass bräunlich gelb gefärbt, aber durchsichtig.

Unter den isolirten Nervenfibrillen der zerfaserten Ausbreitung des Acusticus aus allen Regionen fand ich denn auch viele, welche sich dichotomisch theilten. Die Markscheide umhüllte entweder noch den Axencylinder der Aeste und der Stammfibrille, oder sie war völlig abgestreift und die Axencylinder nackt.

Im letzteren Falle sah ich die Theilung der Axencylinder selbst mit grösster Deutlichkeit (Fig. 4); bemerkte jedoch an den Theilungsstellen derselben durchaus nichts von jenen Einschnürungen, welche an den mit der Markscheide umgebenen Nervenfasern zu erkennen waren.

Dass sich die Axencylinder bei den Theilungen der Nervenfibrillen ebenfalls in eine entsprechende Anzahl von Aesten spalten müssten, liess sich wohl voraussehen, doch dürfte dieser empirische Nachweis nicht unwillkommen sein. Was die Abwesenheit einer Einschnürung

Beleg des Gesagten nicht unerwähnt lassen. Drückte ich mit einem stumpfen Messer in der Richtung, wie wenn ein Querschnitt gemacht werden sollte, fest an ein Ende des Rückenmarkstückes auf und riss mit den Fingern vorsichtig den übrigen freien Theil ab, so zogen sich die durch das Messer einerseits festgehaltenen Axencylinder in einer Länge von mehr als einer Linie aus dem entfernten Marke heraus.

an den Theilungsstellen der Axencylinder betrifft, so bestätigt sie die an einem andern Orte (»Ueber die Hautnerven des Frosches«. Müller's Arch. 1849) von mir ausgesprochene Ansicht, dass jene Verengerungen, welche an allen sich theilenden Nervenfasern zu beobachten sind, und welche mit dem Fortschreiten der Zersetzung des Nervenmarks immer tiefer werden, ja, besonders an den feinen Fasern sich bis zur völligen Trennung der Stammfibrille von den Aesten steigern können, blos eine Folge der Veränderungen des Nervenmarks seien; indem im vorliegenden Falle das Sublimat der weiteren Alteration des Axencylinders Grenzen gesetzt und denselben in seiner natürlichen Gestalt erhalten hat. Ob diese Beobachtungen die Existenz des Axencylinders als eines auch im Leben für sich bestehenden Gebildes nicht mindestens wahrscheinlich machen, lasse ich dahin gestellt sein.

Noch will ich anführen, dass durch die Härtung der Nerven in Sublimat die äussere Scheide derselben sehr oft deutlich zur Anschauung kam, wenn die krümliche Masse der Markscheide entweder zerrissen (Fig. 2 *B*), oder am Ende einer Fibrille herausgebröckelt war (Fig. 2 *C*).

Die Zusammensetzung der dicken oder sogenannten cerebrospinalen Nervenfasern aus einer äusseren Scheide, der Markscheide und dem Axencylinder, die schon Purkinė richtig erkannt hatte, wird durch das Sublimat ausser allen Zweifel gesetzt. Ob die Fasern des Gehirns und Rückenmarks ebenfalls eine äussere Scheide besitzen, will ich unentschieden lassen, der Axencylinder und die Markscheide kann jedoch an vielen derselben durch die Behandlung mit Sublimat vollkommen deutlich gemacht werden.

Zum Schlusse noch die Frage: ob die von mir beobachteten Theilungen der Fibrillen in dem Acusticus des Störs nicht mit grosser Wahrscheinlichkeit vermuthen lassen, dass der Hörnerv auch der anderen Wirbelthiere ein gleiches Verhalten seiner Primitivfasern zeigen werde?

Gewiss ist jedenfalls, dass die Verzweigung der Primitivfasern der Function des *Nervus acusticus* durchaus nicht widerspricht; ungewiss freilich, in welcher Weise die Eigenschaften des Gehörsinns hierdurch modificirt werden.

Breslau, den 16. Juli 1849.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 5.

Die in Fig. 1, 2, 4, 6 und 7 abgebildeten Elemente des *Nervus acusticus* vom Stör hatten längere Zeit in einer Sublimatlösung gelegen, die in Fig. 3 und 5 dargestellten hingegen in concentrirter Kochsalzlösung.

Fig. 1. Primitivfasern des Acusticus nach achtundvierzigstündiger Behandlung mit Sublimat. Die Axencylinder (*A*) sind zu elastischen Fäden erhärtet, die Markscheiden (*M*) theils abgefallen, theils noch in röhrenförmigen Bruchstücken sichtbar.

Fig. 2 *A* eine Nervenfaser, deren Markscheide geborsten und deren Axencylinder in Form einer Schlinge zusammengebogen ist; *B*, die Markscheide ist an dieser Faser zerrissen, wodurch die äussere Scheide und der Axencylinder eine kleine Strecke deutlich sichtbar werden; *C*, die Markscheide dieser Faser ist an dem einen Ende völlig herausgebröckelt, so, dass ein grosses Stück der äusseren Scheide und innerhalb derselben des Axencylinders frei erscheint; *D*, durch eine theilweise Zerstörung der Markscheide ist auch an dieser Faser die äussere Scheide und der eingeschlossene Axencylinder zu sehen.

Fig. 3. Eine Nervenfaser aus dem Plexus auf der vorderen Partie des Vestibulum, welche sich dichotomisch spaltet.

Fig. 4. Freie Axencylinder von drei Nervenfasern aus dem Plexus auf der Ampulle des hinteren *Canalis semicircularis*, welche sich bei *n*, *n'*, *n''* in Aeste spalten. Der eine der neu entstandenen Aeste des Axencylinders bei *A* und des bei *B* zeigt bei *m* und *m'* eine deutliche Spur einer abermaligen dichotomischen Theilung.

Fig. 5. Eine Nervenfaser aus dem Plexus auf der vorderen Partie des Vestibulum, welche sich bei *a* in drei Aeste theilt, von denen der mittlere sich nochmals gabelig spaltet.

Fig. 6. Eine dichotomisch getheilte Nervenfaser; bei *A* sieht der Axencylinder des einen Astes aus der Markscheide hervor.

Fig. 7. Varicöse Axencylinder.

IV.

Vorläufige Mittheilungen über die Schwimmblase von Esox lucius.

[*Zeitschr. f. wissensch. Zoologie etc. 1850. Bd. II. S. 121.*]

1. Vor mehr als einem Jahre habe ich im physiologischen Institut zu Breslau einige Versuche über die Contractilität der Schwimmblase von *Esox lucius* angestellt und gefunden, dass sie in der That contractil sei.

Die von mir beobachteten Erscheinungen sind folgende:

a) Berührt man die durch Entfernung des Darmes blossgelegte oder aus dem Thiere ganz herausgenommene Schwimmblase in gleicher Höhe mit den beiden Polen eines elektro-magnetischen Rotationsapparates: so entsteht — je nach Grösse der noch vorhandenen Reizbarkeit — in kürzerer oder längerer Zeit eine quere, mehr oder weniger tiefe lokale Einschnürung, welche, einmal hervorgebracht, trotz der Entfernung der Pole erst nach einiger Zeit vergeht.

b) Setzt man die Pole nicht in gleicher Höhe auf, so bilden sich zwei Einschnürungen — je eine an jeder der beiden Berührungsstellen.

c) Die vom Bauchfell überzogene Fläche der Schwimmblase zeigt sehr deutliche und in die Augen fallende Einschnürungen, nicht so die den Nieren zugewendete Fläche derselben. Hier wollte es mir nur einmal scheinen, eine leise Einfurchung hervorgerufen zu haben.

Die in Folge des Reizes entstehenden Einschnürungen haben überall — ausgenommen in der Gegend der Insertionsstelle des *Ductus pneumaticus*, woselbst sie gegen einen Punkt convergiren — eine quere Richtung, d. h. sie machen mit der Längsaxe der Schwimmblase rechte Winkel.

2. Nachdem ich auf die angegebene Weise die Contractilität der Schwimmblase direct nachgewiesen hatte, handelte es sich darum, die histologischen Elemente zu finden, die als Träger dieser Eigenschaft anzusehen wären. — Die mikroskopische Untersuchung ergab, ganz entsprechend dem vegetativen Charakter der hervorgerufenen Zusammenziehungen ein Vorhandensein einer grossen Menge von vegetativen (glatten) Muskelfasern (contractilen Faserzellen; Kölliker), welche zwischen dem Bauchfellüberzuge und der äussern Oberfläche der fibrösen Haut der Schwimmblase eine dünne Schichte bilden. Dieses *Stratum musculare* kann mit dem Bauchfell als ein zartes, blass grauröthlich durchscheinendes Häutchen in beliebig grossen Stücken abgezogen und isolirt werden.

Uebereinstimmend mit der queren Lage der Einschnürungen erwies sich ferner der Verlauf der Muskelfasern gleichfalls als ein querer, ausgenommen in der Gegend der Insertionsstelle des *Ductus pneumaticus*, wo dieselben — abermals im besten Einklang mit der Richtung der dort erzeugten Furchen — wie die Radien in einem Halbkreise um einen, einige Linien unterhalb des *Ductus pneumaticus* befindlichen Punkt angeordnet erschienen.

Auf der den Nieren zugewendeten Fläche der fibrösen Lamelle der Schwimmblase konnte ich keine Muskelfasern entdecken.

Die Mächtigkeit der Muskelschicht nimmt vom Kopfende der Blase gegen das Schwanzende hin immer mehr und mehr ab.

Nach dem Allen kann wohl kein Zweifel obwalten, dass die durch das Mikroskop nachgewiesenen, in ihrem histologischen Charakter mit den vegetativen Muskelfasern übereinstimmenden Faserelemente der Schwimmblase contractiler Natur sind, und dass ihre Zusammenziehung die Entstehung jener zu beobachtenden Einschnürungen bedinge. — Vor Kurzem habe ich die oben angeführten Reizversuche mit Herrn Prof. Kölliker wiederholt und wir erhielten im Wesentlichen dieselben Resultate.

Nebst der Schwimmblase von *Esox lucius* wurden auch jene von *Chondrostoma Nasus*, *Abramis Brama*, *Barbus fluviatilis* u. A. dem elektrischen Reize ausgesetzt. Es fand sich, dass nur die hintere Abtheilung der Schwimmblase dieser Fische, in welche der *Ductus pneumaticus* einmündet, Contractilität besitze. Bei *Barbus fluviatilis* waren quere Einschnürungen unverkennbar; bei *Ch. Nasus* und *Abr. Brama* hingegen beschränkte sich die Erscheinung blos auf eine lokale Runzelung zweier durchscheinenden muskulösen Streifen, die bei ersterem spiralig, bei letzterem parallel mit der Längsaxe, obwohl etwas nach hinten ausgebogen, in dem fibrösen Gewebe verlaufen.

Diese, wenn auch wenig zahlreichen Versuche beweisen dennoch, dass die Contractilität eine Eigenschaft sei, die nicht einzig und allein der Schwimmblase des Hechtes zukomme und berechtigen zu der Frage: ob etwa alle Schwimmblasen, auch jene ohne *Ductus pneumaticus*, contractil oder, was dasselbe ist, ob die Muskelfasern ein wesentlicher Bestandtheil jeder Schwimmblase seien?

Welche Bedeutung die Contractilität für diese Organe haben dürfte, ist nicht so einleuchtend, als es auf den ersten Blick erscheint, wenn man erwägt, wie gering die hier vorhandenen Muskelkräfte sind. Es ist kaum daran zu denken, dass z. B. die dünne Muskelschicht der Schwimmblase des Hechtes im Stande sei, das Lumen derselben auf Null zu reduciren. Was für eine Function sollen aber diese Muskelfasern sonst haben als die, die Capacität der Blase zu verringern?

3. Die Untersuchung der Nerven der Schwimmblase des Hechtes ist sehr lohnend und verhältnissmässig sehr leicht. Ich habe zwei Wege der Präparation versucht: entweder schnitt ich aus einer frischen Blase ein beliebig grosses Stück heraus und behandelte es, nach Entfernung der Schleimhaut, mit Essigsäure, oder ich legte eine ganze Schwimmblase in Sublimatlösung und zog nachher eine Partie des Bauchfells sammt der darunter liegenden Muskelschichte von der fibrösen Haut herab. In beiden Fällen, namentlich im letzteren, lässt die Durchsichtigkeit des Präparates kaum etwas zu wünschen übrig und die Nerven sind mit der grössten Deutlichkeit zu verfolgen.

a) Man findet zweierlei Arten von Nervenfibrillen, die sich sowol durch ihre mikroskopischen Eigenschaften und durch die Menge, in der sie vorkommen, als durch ihre Verbreitungsweise unterscheiden:

b) Die Einen sind sehr dünn, von einfachen Contouren, zahlreich, und verlaufen in mehr oder weniger starken Bündelchen, die ein grossmaschiges Netz bilden und von denen sich nur dann und wann eine oder mehrere Primitivfibrillen abzweigen, um sich spurlos zu verlieren oder an ein anderes Bündelchen anzulegen.

c) Die Anderen haben einen sehr bedeutenden Durchmesser, doppelte Contouren, verlaufen meist ganz einzeln, sind nicht sehr zahlreich, verästeln sich aber um so häufiger. Es giebt wenige Objecte, an denen man sich so evident und leicht von einer oft wiederholten Theilung der Nervenprimitivfibrillen überzeugen kann als hier eben. Jede solche Primitivfibrille theilt sich meist dichotomisch in immer feinere Aeste, welche sich endlich der Beobachtung entziehen, sodass die Endigungsweise auch dieser Nerven im Dunkeln bleibt. So viel steht jedoch fest, dass wenn hier

Schlingen zwischen ein und derselben oder verschiedenen Primitivfibrillen stattfinden sollten, dieselben nur zwischen den Aesten letzter Ordnung vorkommen könnten. — Jede dieser doppelt contourirten, breiten Primitivfasern beherrscht durch ihre Aeste ein ansehnliches Stück der Oberfläche der Schwimmblase.

d) Die dünnen Nervenfasern, deren Bündelchen schmale, aber lange Maschen bilden, fand ich am zahlreichsten auf dem vorderen Dritttheil der Schwimmblase. — Die dicken Nervenfasern verbreiten sich mit ihren Aesten hauptsächlich in dem Raume zwischen der Anheftungslinie der Schwimmblase an die Rippen und der Ursprungslinie des Mesenteriums der Genitaldrüsen.

e) Die dünnen Nerven laufen im Allgemeinen in der Längsaxe, die dicken in der Queraxe der Schwimmblase, obschon es auch zuweilen vorkommt, dass ein dünnes Aestchen der letzteren sich auf weite Strecken (4—5 mm) an ein Bündelchen dünner Fasern anschliesst. Die dicken Nervenfasern findet man am leichtesten, wenn man in der Anheftungslinie der Schwimmblase an die Rippen sucht, indem dieselben wahrscheinlich aus den Intercostalnerven kommen und von der Seite her an die Schwimmblase treten.

f) Dass die beschriebenen dicken und dünnen Nervenfasern, welche sich in so vielen Punkten von einander unterscheiden, nicht derselben Qualität sein können, dass sie vielmehr verschiedene Functionen haben müssen, ist wohl als gewiss anzunehmen. Hiernach wären entweder die dicken Fasern sensitiv und die dünnen motorisch oder umgekehrt. Im ersten Falle würde ein solennes Beispiel von der Theilung sensitiver Fasern vorliegen, im zweiten Falle die Versorgung vegetativer Muskelfasern durch breite, doppelt contourirte Nervenfibrillen constatirt werden. Ich entscheide mich für die sensitive Natur der dicken und die motorische der dünnen Nervenfasern, indem dieser Ansicht keine der bis jetzt bekannten Thatsachen widerstreitet.

Würzburg, den 29. October 1849.

V.

Beiträge zur mikroskopischen Anatomie der menschlichen Zähne.

[*Zeitschr. f. wissensch. Zoologie etc. 1850. Bd. II. S. 295. — Bearbeitung seiner Inaugural-Dissertation: Observationes novae de structura dentium penitiori. Würzburg, 2. Juli 1850.*]

(Hierzu Tafel 6 und 7).

A. Vom Schmelz.

Der Schmelz überzieht als eine mehr oder weniger dicke Schichte, welche an Mächtigkeit gegen die Basis der Krone constant abnimmt, einen bedeutenden Theil des über den Rand der Alveolen hervorragenden Stückes der Zahnsubstanz (*Substantia tubulosa*). Die Linie, bis zu welcher sich der Schmelzüberzug heraberstreckt, kann man die Begrenzungslinie des Schmelzes oder kurz Schmelzgrenze nennen. Sie ist an den verschiedenen Arten der Zähne verschieden gekrümmt, und unter der Loupe betrachtet, mehr oder weniger gezackt; ausnahmsweise finden sich schmale oder breitere Zacken (Fortsetzungen der Schmelzsubstanz), welche bis eine Linie weit über die legitime Grenze hinausreichen. Diese Gestalt der Schmelzgrenze ist von Interesse, insofern sie eine eigenthümliche Beschaffenheit des Schmelzorgans (*Organon adamantinae*) voraussetzt, und ich führe sie desshalb an.

Die Schichte der Schmelzsubstanz nimmt, wie gesagt, an Dicke gegen die Basis der Krone nach und nach ab und ist gewöhnlich gleichmässig abgelagert, ohne andere äusserlich auffallende Spuren eines gleichsam stossweisen oder unterbrochenen Bildungsprocesses, als die später anzuführenden verschiedenen Unebenheiten der äusseren Schmelzoberfläche; manchmal jedoch ist der Schmelz durch deutliche, rund um die Krone laufende Furchen, welche oft bis auf die Zahn-

substanz einzuschneiden scheinen, in entsprechende ringförmige Wülste abgetheilt und erscheint in Folge dessen als eine Schichte von sehr ungleichmässig wechselnder Mächtigkeit, woraus auf eine Störung der Function des Schmelzorgans während der Bildung des Zahnes geschlossen werden darf. Die Breite der Wülste, welche am häufigsten am unteren Theile des Schmelzes (bis 4, 5 . . . an Zahl) vorkommen, beträgt oft den dritten Theil einer Linie und darüber. Diese Formen, die an übrigens ganz gesunden und normalen Zähnen zu finden sind, machen den Uebergang zu den krankhaften Bildungen des Schmelzes.

Weder die innere, noch die äussere Oberfläche des Schmelzes ist glatt und eben. Die erstere zeigt kleine, durch vorspringende Bündel von Prismen gebildete, rundliche Höcker und papillenartige Erhabenheiten und diesen entsprechende Vertiefungen, welche in allen Abstufungen — bald auffallend entwickelt, bald ganz verstrichen — zu finden sind; die letztere lässt neben geringen unregelmässigen Unebenheiten fast immer noch ein besonderes System von feinen, sehr zahlreichen, regelmässigen Furchen und Wülstchen erkennen, auf welche ich schon oben als eine Spur des eigenthümlichen normalen Ablagerungsprocesses der Schmelzsubstanz zum Unterschiede von den beschriebenen groben Furchen und Wülsten, die nur der Ausdruck eines gestörten, veränderten Bildungsprocesses sind, hingewiesen habe.

Natürlich sucht man an alten, überhaupt an abgenutzten Zähnen häufig vergebens nach dieser zierlichen Zeichnung, wenigstens an jenen Theilen der Krone, welche durch die mechanischen Einflüsse beim Geschäfte des Kauens am meisten leiden. Auffallend ist aber der Umstand, dass ich die regelmässig wulstige Beschaffenheit der Schmelzoberfläche an den ersten oder sogenannten Milchzähnen niemals entdecken konnte, dass somit dieselbe ein charakteristisches Zeichen für die zweiten oder bleibenden Zähne zu sein scheint, aus welchem auf eine Verschiedenheit in der Ablagerung des Schmelzes der bleibenden und der vorläufigen Zähne zu schliessen wäre. Uebrigens muss ich, um Missverständnissen vorzubeugen, gleich hier bemerken, dass an der Krone der Milchzähne, an denen der Schmelz noch nicht völlig gebildet, noch nicht in seiner ganzen Dicke abgelagert ist, auch ein System von Streifen in die Augen fällt, welches jedoch von dem in Rede stehenden wohl zu unterscheiden ist und erst später gewürdigt werden wird.

Was nun die Furchen und Wülste auf der äusseren Oberfläche des Schmelzes näher betrifft, so ist zu bemerken, dass sie gerade oder wellenförmig hin und her gebogen, aber stets in querer Richtung an dem Schmelz rings herum und in sich selbst zurück laufen. Sie be-

halten ihre quere Richtung auch an dem unteren Theile der Krone streng bei und gehen nicht mit der Schmelzgrenze parallel, wenn diese gezackt oder stark nach oben oder unten ausgebogen ist. Die Breite und die Tiefe einer und derselben Furche, sowie die Breite und die Höhe eines und desselben Wulstes sind manchen Schwankungen unterworfen, so dass die ganze Zeichnung, betrachtet unter einer genügenden Vergrösserung, an Regelmässigkeit verliert. Vergleicht man Furchen und Wülste aus verschiedenen Regionen der Zahnkrone, so fällt es gleich in die Augen, dass sie da nicht überall gleich erscheinen, sondern gewöhnlich ganz stetig und nach und nach von unten nach oben an Breite zunehmen. An der Schmelzgrenze findet man die Wülste am wenigsten breit und ganz dicht gedrängt stehend, indem auch die dazwischen liegenden Furchen sehr schmal sind. Je näher man der Spitze der Zahnkrone rückt, desto breiter werden nach und nach die Wülste und die trennenden Furchen; zugleich nehmen sie an Deutlichkeit ab und verschwinden nahe unterhalb der Spitze endlich ganz. Diese Zunahme an Breite bedingt, dass die Zahl der Wülste, welche auf eine Maasseinheit geht, von der Basis gegen die Spitze hin immer kleiner werden muss. Einige Messungen, welche ich darüber anstellte, ergaben, dass auf den dritten Theil einer Linie von den Wülstchen nahe an der Schmelzgrenze etwa 28—24, weiter oben 12—10, endlich ganz oben, wo sie schon undeutlich wurden, nur noch 6—4 derselben kamen. Man untersucht die Verhältnisse bei auffallendem Lichte mit einer starken Loupe oder einer angemessenen Vergrösserung des Mikroskops. Es hängt viel davon ab, wie man die Oberfläche des Schmelzes gegen das einfallende Licht stellt: denn die wulstige Beschaffenheit derselben kommt nur dadurch zum Vorschein, dass die Wülstchen zarte Schatten werfen. Bei unzweckmässiger Beleuchtung sieht man von dem Allen nichts. Untersucht man Flächenschliffe des Schmelzes, welche mit Schonung der äusseren Oberfläche gefertigt wurden, bei durchfallendem Licht und mit starker Vergrösserung, so wird man allerdings aus der Nothwendigkeit der Veränderung der Focaldistanz auf die Unebenheiten der Oberfläche auch einen Schluss machen können; allein es dürfte nicht leicht möglich sein, durch diese Methode zu einer übersichtlichen Anschauung zu kommen, weil bei starker Vergrösserung, welche zur Beurtheilung der Dimension der Tiefe durch die Focaldistanz doch unbedingt nothwendig ist, das Gesichtsfeld relativ sehr klein, und wenig vom Objecte auf einmal zu übersehen ist.

Wir haben bisher die Ausdehnung und verschiedene Mächtigkeit der Schmelzschichte, sowie die Beschaffenheit ihrer äussern und innern Oberfläche betrachtet und hiermit gleichsam den Raum abgesteckt,

welchen die Schmelzprismen auszufüllen haben; es ist nun zu untersuchen, auf welche Weise dies Letztere geschieht, d. h. in welcher Art sich die Schmelzprismen aneinander reihen und zu einem Ganzen verbinden.

Man studirt die Faserung des Schmelzes an hinreichend dünn geschliffenen Durchschnitten, welche in verschiedener Richtung durch die Zahnkrone geführt werden, und kommt, indem man die einzelnen Bilder combinirt, schliesslich zu einer Totalanschauung derselben. Es sind nicht blos fertige, entwickelte Zähne zu untersuchen, sondern namentlich auch in der Entwickelung begriffene, an welchen manche Verhältnisse besonders leicht und deutlich zu erkennen sind.

Man wird sich auf diese Art bald überzeugen, dass der Schmelz, wie seit den trefflichen Arbeiten von PURKINĚ und RETZIUS allgemein angenommen wird, aus einer überaus grossen Menge von einzelnen Fasern — den sogenannten Schmelzprismen — wirklich bestehe; allein man wird auch oft genug Präparate bekommen, an welchen der Schmelz ganz oder zum Theil als eine durchscheinende, unregelmässig streifige, fast structurlose Masse erscheint, und die Existenz der Schmelzprismen problematisch werden könnte. Die Unvollkommenheit des Schliffes ist in manchen Fällen Schuld daran; oft findet sich dies Verhalten aber an ganz gelungenen Präparaten. Im ersten Falle kommen die Prismen nach Bepinselung des Schliffes mit sehr verdünnter Salzsäure gewöhnlich doch zum Vorschein. Durch diese Behandlung treten zugleich an den Prismen die bekannten Querstreifen, welche übrigens häufig auch ohne dieselbe vollkommen klar zu erkennen sind, sehr deutlich hervor und geben ganzen Partieen der Schmelzprismen das Ansehen von animalen Muskelfasern. Diese Querstreifen machen nicht immer denselben Eindruck; sie sind bald scharf, fein und eng zusammengedrängt, bald breiter, schattenähnlich und weiter von einander abstehend, und es scheint ihr Auftreten nicht immer durch gleiche Momente bedingt. Tragen die Querstreifen den ersten Charakter, so können sie vielleicht als Ausdruck des schichtenweisen Verirdungsprocesses der Schmelzprismen angesehen werden; haben sie die letzteren Eigenschaften, so lassen sie sich wohl — ähnlich wie die Querstreifen der Muskelbündel — durch die varicöse Beschaffenheit, welche ich an manchen Schmelzprismen gesehen habe, erklären.

An den Schmelzprismen, welche, wie man wenigstens vermuthet, durch eine besondere Zwischensubstanz zusammengehalten und zusammengekittet werden und als einzige erkennbare histologische Elemente in ihrer Gesammtheit die *Substantia adamantina dentium* darstellen, kann man ein centrales und ein peripherisches Ende, eine centrale,

dem Zahnbein zugewendete, und eine peripherische, frei zu Tage liegende Endfläche und die Seitenflächen, mit welchen sie sich gegenseitig berühren, unterscheiden. Die Summe der centralen Endflächen der Prismen bildet die innere, die Summe der peripherischen die äussere Oberfläche des Schmelzüberzugs. Von beiden Flächen muss, wie sich aus dem Vorhergehenden von selbst ergiebt, die erstere kleiner sein, als die letztere. Erwägt man die im Allgemeinen bekannte Structur des Schmelzes, so kann man dieses Verhältniss nur dann begreifen, wenn etwa die Zahl der peripherischen Enden der Prismen grösser ist, als die Zahl jener Enden, welche bis an die Zahnsubstanz stossen, oder wenn die peripherischen Enden einen bedeutenderen Dickedurchmesser und somit auch eine grössere Endfläche hätten, als die centralen, oder wenn die Prismen gegen die Zahnsubstanz hin dichter und inniger an einander lägen, als nach aussen u. s. w. Von den angeführten drei Möglichkeiten lässt sich nur die zweite an vielen Orten mit aller Bestimmtheit als factisch vorhanden nachweisen; es ergiebt nämlich eine directe Messung der Schmelzprismen wirklich ein mehr oder weniger auffallendes Dickerwerden derselben gegen das peripherische Ende hin. Unentschieden muss jedoch bleiben — wiewohl es nicht unwahrscheinlich ist —, ob auch noch eine Vermehrung der Prismen in den peripherischen Lagen des Schmelzes — etwa durch Theilung derselben, oder durch Einschaltung neuer Prismen, welche, zwischen die alten eingekeilt, nicht bis an die Zahnsubstanz, wohl aber bis zur äussern Schmelzoberfläche reichen — stattfindet. Ebenso ist ein Auseinandertreten der Prismen mit entsprechender Vermehrung der problematischen Zwischensubstanz nach dem, was ich gesehen habe, nicht bestimmt nachzuweisen.

Was die Richtung der Schmelzprismen betrifft, so ist darüber im Allgemeinen Folgendes zu bemerken. Das peripherische Ende eines Prisma's muss mit dem centralen Ende entweder in gleicher Höhe, d. h. in derselben Querschnittsebene der Krone liegen, oder in ungleicher Höhe, und dann entweder tiefer oder höher stehen, als jenes; das peripherische Ende muss ferner mit dem centralen Ende entweder in derselben Längsschnittsebene liegen, oder nicht. Durch Combination dieser Fälle erhalten wir a priori alle irgend möglichen Richtungen der Schmelzprismen. Dass diese gedachten Längs- und Querschnittsebenen, nach welchen wir die verschiedene Richtung der Schmelzprismen beurtheilen, auf einander senkrecht stehen, und dass die ersteren immer durch die ideale Längsaxe der Zahnkrone gehen müssen, brauche ich kaum zu erwähnen.

Horizontal und schräg nach aussen und abwärts verlaufende

Prismen kommen nur in dem untersten Theile des Schmelzes vor; im Allgemeinen sind die Prismen jedoch mehr oder weniger steil nach aussen und oben gerichtet; in der Spitze stehen sie aufrecht. Eine Abweichung der Richtung aus der Längsschnittsebene findet fast bei allen Prismen statt.

Der Verlauf der Schmelzprismen ist ebenso mannigfaltig, als ihre Richtung. Wir sehen die Prismen in der verschiedensten Weise von der innern zur äussern Schmelzoberfläche ziehen, bald ganz gerade gestreckt, bald einfach gekrümmt, bald wellenförmig gebogen, bald wirklich geknickt u. s. w. Ihr letztes peripherisches Ende ist stets gerade gestreckt und steht sehr häufig senkrecht auf der äusseren Schmelzoberfläche auf. Die Prismen haben gruppenweise immer denselben Verlauf und bilden so gewöhnlich um die ganze Krone herum Schichten von regelmässigem Ansehen. Betrachtet man den Schmelz mit dem blossen Auge oder einer Loupe, indem man der Zahnkrone eine gewisse, schwer zu beschreibende Neigung gegen das einfallende Licht giebt, so wird es nach einigen Versuchen meist gelingen, ein System von abwechselnd auf einander folgenden dunklen und helleren Streifen in der Substanz des Schmelzes erscheinen zu sehen, welche ähnlich, wie die oben beschriebenen Wülstchen, in querer Richtung um die Zahnkrone rings herum ziehen, jedoch viel breiter sind, als diese, sich öfters gabelförmig theilen und nicht immer in sich selbst zurücklaufen. Diese eigenthümliche Zeichnung liegt nicht oberflächlich, sondern gleichsam in der Dicke des Schmelzes, und macht den Eindruck, als ob sie durch ein Structurverhältniss der tieferen Lagen des Schmelzes hervorgebracht würde. Dies ist auch in der That so; denn nimmt man Zähne aus dem Zahnsäckchen, an denen der Schmelz noch nicht in seiner ganzen Dicke abgelagert ist, und betrachtet ihn bei auffallendem Lichte, so sieht man das eben beschriebene Streifensystem mit aller Deutlichkeit ganz oberflächlich liegen, zum Beweise, dass dasselbe durch einen eigenthümlichen Verlauf der Schmelzprismen in den tieferen Schichten bedingt wird und im fertigen Zahn, nach vollendeter Ablagerung des Schmelzes, durch die peripherischen Schichten, welche die tieferen später überdecken, allerdings nur durchschimmern kann.

Dieses Streifensystem hatte ich im Sinne, als ich vorhin darauf aufmerksam machte, die an den unausgebildeten Milchzähnen vorkommende Zeichnung nicht etwa für die an den bleibenden Zähnen beschriebene wulstige Beschaffenheit der äusseren Schmelzoberfläche zu nehmen.

Hervorgebracht werden aber diese abwechselnd auf einander fol-

genden hellen und dunkleren Streifen durch die regelmässigen Zickzackbewegungen der Schmelzprismen, indem die Lichtstrahlen unter verschiedenen Winkeln auf die Seitenflächen der Prismen auffallen und daher bald in das Auge des Beobachters reflectirt werden, bald keine in dieser Richtung reflectirende Oberfläche finden, wodurch dann nothwendig helle und dunkle Stellen entstehen müssen. Würden alle Prismen gerade gestreckt auf dem kürzesten Wege von der innern zur äussern Oberfläche des Schmelzes ziehen und niemals gruppenweise einen gebogenen Verlauf haben, so könnten solche helle und dunkle Streifen gar nicht entstehen. Da die letzten peripherischen Enden der Prismen gerade gestreckt verlaufen, so erklärt es sich, warum diese Zeichnung nur an unausgebildeten Zähnen ganz oberflächlich, an ausgebildeten hingegen aus der Tiefe hervorschimmernd erscheint.

Von der Richtigkeit der gegebenen Erklärung kann man sich auf folgende Weise leicht überzeugen. Man untersuche zuerst mit einer mässigen Vergrösserung an einem nicht allzu dünnen Flächenschliffe des Schmelzes den Verlauf der Prismen bei durchfallendem Lichte und vertausche, nachdem man eine genügende Anschauung davon erhalten hat, das durchfallende Licht mit einer zweckmässigen Beleuchtung von oben, um die beschriebenen hellen und dunklen Streifen zu sehen. Durch Vergleichung beider Bilder, unter Berücksichtigung der Richtung der einfallenden Lichtstrahlen, wird sich dann herausstellen, dass an dem ganzen Phänomen nur die verschiedene Reflexion der Lichtstrahlen, welche durch die verschiedene Neigung der Biegungen der Prismen gegen das Licht bedingt wird, Schuld ist. Wird nämlich das Präparat, während man es genau beobachtet und einen oder mehrere Streifen aufmerksam und unverwandt mit dem Auge fixirt, auf dem Objecttische so gedreht, dass die Biegungen der Prismen, welche erst durch ihre bestimmte Neigung die Lichtstrahlen zurückwarfen, nun nach und nach in die entgegengesetzte Stellung zum Lichte gebracht werden, und umgekehrt (was am besten auf dem drehbaren Tische der Oberhäuser'schen Mikroskope geschieht), so bemerkt man, wie die Streifen nach und nach an Deutlichkeit abnehmen und einer gleichmässigen Beleuchtung und Erhellung des Objects Platz machen und schliesslich in der entgegengesetzten Schattirung allmählich wieder zum Vorschein kommen. Die bei der früheren Stellung des Objects zum einfallenden Lichte hell erscheinenden Streifen werden nach einer Drehung von beiläufig 180° dunkel, die dunkel erscheinenden hell. Wird das Object in derselben Richtung weiter gedreht, so löst sich die Streifung abermals in eine gleichmässige Erhellung auf, und ist man endlich nach einer Drehung von 360° auf den alten Fleck gekommen, so erscheint die Schattirung

ganz, wie am Anfang des Versuchs. Zur Bereitung der Präparate für diese Untersuchung wählt man am besten junge Zähne, die das Streifensystem deutlich erkennen lassen, und deren Schmelz noch nicht vollständig abgelagert ist, weil man dann wenigstens an den unteren Theilen der Zahnkrone kaum genöthigt ist, etwas von der dünnen Schmelzschicht abzuschleifen. Will man nicht zugleich den Verlauf der Prismen bei durchfallendem Lichte untersuchen, sondern blos den Wechsel in der Schattirung der Streifen je nach ihrer Stellung gegen das Licht studiren, so genügt es, den ganzen Zahn in einer passenden Weise auf dem Objecttische zu befestigen.

An Querschnitten des Schmelzes, welche nicht allzu dünn ausgefallen sind, kann man sich stellenweise von dem regelmässig gebogenen Verlaufe der Prismen gleichfalls eine Anschauung verschaffen, und zugleich bei Veränderung der Focaldistanz die Bemerkung machen, dass sich die Prismen lagenweise überkreuzen. Bei grösserer Focaldistanz sieht man z. B. die Prismen nach links gebogen; verringert man die Focaldistanz, um den Verlauf der tiefer liegenden Prismen zu sehen, so zeigen sich dieselben oft in der entgegengesetzten Richtung gekrümmt.

An Längsschliffen bedingt die eigenthümliche Faserung des Schmelzes andere Bilder und Erscheinungen. Da nämlich die Prismen je nach ihren Biegungen theils in der Ebene des Schliffes liegen, theils sich mit derselben kreuzen, so müssen sie abwechselnd bald quer oder schräg durchschnitten, bald der Länge nach von einander getrennt werden. Weil aber ferner der Verlauf der Prismen gruppenweise derselbe ist, so erscheinen an Längsschliffen des Schmelzes regelmässig abwechselnde Schichten von quer (oder schräg) und längs durchschnittenen Prismen, welche bei auffallendem Lichte ziemlich genau hellen und dunklen Streifen entsprechen, indem diese Schattirung nicht etwa nur durch den verschiedenen Reflex des Lichtes von den durch den Schliff erzeugten Oberflächen der Prismen, sondern hauptsächlich von der Neigung der Prismen gegen die auffallenden Lichtstrahlen abhängt. Man sieht die Streifen schon mit freiem Auge. Sie haben nahe an der Schmelzgrenze eine horizontale oder selbst etwas nach aussen und abwärts geneigte Richtung; weiter oben stellen sie sich mehr auf und ziehen schräg von unten und innen nach aussen und oben; sie verlaufen gerade gestreckt oder nach unten convex gekrümmt und nehmen im Allgemeinen an Breite nach unten zu. Ich habe bis 55 helle und eben so viele dunkle Streifen in einer Reihe gezählt.

Um das Verhältniss dieses Streifensystems zu dem vorher beschriebenen, von der Fläche aus gesehenen zu untersuchen, schneide man

einen Zahn der Länge nach in zwei Hälften, schleife die Schnittfläche glatt und betrachte mit einer Loupe die neu entstandene Kante, wobei man zu gleicher Zeit die Durchschnittsfläche und die äussere Oberfläche des Schmelzes übersehen wird. Bei gehöriger Beleuchtung erscheinen dann die Streifensysteme beider Flächen auf einmal, und man wird die Ueberzeugung gewinnen, dass dieselben in wesentlicher Beziehung mit einander stehen, indem sie eigentlich blos ein verschiedener Ausdruck eines und desselben Structurverhältnisses sind und wesentlich durch dieselben Ursachen bedingt werden. Demgemäss machen die den auf einander folgenden Schichten der quer und längs durchschnittenen Prismen entsprechenden Streifen, welche an Längsschliffen beobachtet werden, ganz denselben Wechsel von Dunkel- und Hellsein durch, wie die Streifen an dem Flächenschnitte, wenn man das Präparat dem auffallenden Lichte auf die oben beschriebene Weise durch allmähliche Drehung unter verschiedenen Winkeln entgegensetzt. Man sieht die Streifen dann am deutlichsten, wenn man sie der Richtung der Lichtstrahlen parallel stellt; dreht man den Oberhäuser'schen Objecttisch um 90°, so verschwindet die Zeichnung so ziemlich ganz, und das Object erscheint gleichmässig erleuchtet; dreht man um weitere 90°, so kommt die Streifung wieder zum Vorschein, allein, so zu sagen, als negatives Bild. Die Streifen, die früher dunkel waren, sind jetzt hell, und umgekehrt. Eine weitere Drehung um 90° macht die Streifung wieder verschwinden, welche schliesslich jedoch abermals, und zwar ganz so, wie vor der Drehung, auftritt, wenn der Kreisbogen vollendet wird.

So ist dies wenigstens gewöhnlich der Fall; doch können natürlich durch eine besondere Anordnung der Prismen Abweichungen von diesem Schema bedingt werden.

Es ist übrigens nicht nothwendig, die beschriebene Erscheinung unter dem Mikroskope zu beobachten; es genügt, wenn man sich mit dem Zahn in der Hand an's Fenster stellt und eins der beiden Streifensysteme mit der Loupe betrachtet, und dann seine Stellung gegen das Licht verändert. Schliesslich will ich noch bemerken, dass man sich das Fixiren eines oder mehrerer Streifen sehr erleichtert, wenn man mit Dinte oder auf irgend eine andere Weise die betreffende Stelle markirt.

Nachdem ich hiermit eine möglichst klare Darstellung der Richtung, des Verlaufs und der Anordnung der Schmelzprismen, mit einem Worte, der Faserung des Schmelzes zu geben versucht habe, will ich noch einige Bemerkungen über die Hohlräume und Kanälchen im Schmelze, sowie über die Färbungen des Schmelzes hinzufügen.

Was die ersteren betrifft, so muss ich von vorn herein gestehen, dass ich mich von der Existenz eines ausgebildeten, vollständigen Röhrensystems im Schmelze, welches, wie die Tubuli der Zahnsubstanz, zur Leitung der Ernährungsflüssigkeit bestimmt wäre, durchaus nicht überzeugen konnte. Alles, was man von Hohlräumen bisher unter verschiedenen Namen beschrieben hat, und was ich selbst gesehen habe, trägt theils den Charakter des Zufälligen, Unwesentlichen, theils den Charakter von Kunstproducten. Im normalen, völlig gesunden Schmelz liegen die Prismen dicht an einander und lassen keine Zwischenräume zwischen sich. Nichtsdestoweniger findet man sehr häufig im Schmelze Hohlräume von der mannigfachsten Form, Grösse, Lage und Richtung. Die Schmelzräume sehen bald den feinsten Verästelungen der Zahncanälchen, mit denen sie auch oft zusammenhängen, vollkommen ähnlich, bald haben sie einen grösseren Durchmesser und eine unregelmässige Gestalt, doch waltet die Längendimension gewöhnlich vor; theils sind sie einfach, theils verästelt. Sie gehen ferner entweder mit der Richtung der Schmelzprismen parallel, oder sie durchbrechen die Prismen schräg. Man stösst in allen Regionen des Schmelzes auf diese Hohlräume, welche oft in bedeutender Anzahl, in ganzen Büscheln oder Reihen vorhanden sind; doch wählen namentlich die grösseren unter ihnen mit Vorliebe die der Zahnsubstanz zunächst gelegenen Schichten. Gegen die Zahnsubstanz spitzen sie sich dann gewöhnlich rasch oder nach und nach zu, während ihr breiteres Ende mehr oder weniger weit in die oberflächlichen Schichten des Schmelzes hineinragt, und gehen mit ihrem zugespitzten Ende häufig in ein Aestchen eines Zahnröhrchens, von dem sie wie von einem Stiele getragen werden, unmittelbar über. Die meisten Schmelzräume stehen weder unter einander, noch mit den Zahncanälchen in Verbindung.

Diese verschiedenen Hohlräume sind entweder schon während der ersten Ablagerung des Schmelzes gebildet worden, oder aber erst später auf zufällige Weise durch verschiedene Ursachen entstanden.

Zunächst sind hier aus der zweiten Kategorie Sprünge und Risse zu erwähnen, welche entschieden in Folge von mechanischen Einflüssen, mitunter während des Sägens und Schleifens der Zähne auftreten. Sie sind von verschiedener Gestalt und Ausdehnung, gehen oft mit der Faserung des Schmelzes parallel und erstrecken sich meist durch die ganze Dicke des Schliffes hindurch, während die Schmelzräume anderen Ursprungs gewöhnlich mitten in der Substanz liegen. Dies ist jedoch kein durchgreifender Unterschied, und es hält überhaupt schwer, ein untrügliches Kriterium, ein sicheres Merkmal anzugeben, nach welchem man in speciellen Fällen ohne Gefahr einer Täuschung über die Bedeu-

tung solcher Gebilde urtheilen könnte. Man wird häufig keine genügende Rechenschaft von den Gründen geben können, die den Beobachter bestimmen, in dem einen Falle Etwas für ein Kunstproduct zu halten, und in dem anderen Falle für einen Bildungsfehler oder ein pathologisches Product zu erklären. Trotzdem dürfte es doch nicht immer unmöglich sein, eine bestimmte Meinung auszusprechen.

Ueber das Verhalten der Schmelzsubstanz gegen auffallendes und durchgehendes Licht ist im Allgemeinen zu bemerken, dass nicht nur die verschiedenen Zähne darin bedeutend von einander abweichen, indem dasselbe bald rein weiss ist, bald hingegen einen Stich in's Gelbe oder Blaue hat, theils stark durchscheinend, theils mehr opak gefunden wird, sondern dass auch der Schmelzüberzug desselben Zahnes an verschiedenen Punkten und in verschiedenen Schichten in dieser Hinsicht eine ungleichmässige Beschaffenheit zeigt. Nicht selten findet man zwar Zähne, deren Schmelz ganz gleichmässig gefärbt ist; allein an vielen Längs- und Querschliffen fallen bei passender Beleuchtung hellere und dunklere Flecken und Streifen auf, welche anderer Natur sind, als die oben beschriebenen von dem Verlaufe der Prismen abhängenden. Bei oberer Beleuchtung sieht man die opakeren Stellen weiss, die durchsichtigen dunkel, weil die ersteren das Licht reflectiren, die letzteren aber durchlassen. Bei durchfallendem Lichte entsprechen den ersteren mehr oder weniger intensiv gelbliche, gelblichbraune, braune bis schwarzbraune Färbungen; die letzteren erscheinen ganz klar und durchsichtig.

Die hellen und dunklen Flecken, welche auf Quer- und Längsschliffen vorkommen, bedeuten natürlich nichts Anderes, als dass der Schmelz in grösserer oder geringerer Ausdehnung ein verschiedenes Verhalten gegen das Licht habe; die hellen und dunklen Streifen, die oft sehr regelmässig angeordnet sind, sind hingegen der Ausdruck einer schichtenweisen Färbung des Schmelzes. Auf Längsschliffen ziehen diese Streifen, welche meist von verschiedener Breite und nicht immer gleich weit von einander abstehen, sehr steil von unten und innen nach aussen und oben; sie kreuzen sich wegen ihrer mehr aufrechten Stellung mit jenen Streifen, welche den Schichten der quer und längs durchschnittenen Prismen entsprechen. Auf Querschliffen sind die Streifen je nach der Gestalt der Zahnkrone kreisförmig oder in Form einer andern krummen Linie gebogen, und laufen entweder in sich selbst zurück und bilden keine geschlossene Linie, indem die Färbung plötzlich oder nach und nach an bestimmten Punkten aufhört; sie gehen einander nahezu überall parallel, sind aber fast immer excentrisch gelagert, so dass die am meisten peripherisch gelegenen Streifen von

der äusseren Contour des Schmelzes unterbrochen werden. Combiniren wir beide Anschauungen, so werden wir leicht erkennen, dass die gefärbten Schichten, welche auf dem Durchschnitt sich als Farbenlinien darstellen, die Gestalt von hohlen Kegeln haben, deren abgestutzte Spitzen an die innere Schmelzoberfläche stossen, deren Basen aber bis an die äussere Schmelzoberfläche reichen. Die Flächen, welche man durch die abgestutzten Spitzen sowohl, als durch die Basen legen kann, entsprechen natürlich nicht immer genau den Querschnittsebenen der Zahnkrone; denn sonst dürften auf Querschliffen die in sich selbst zurücklaufenden Streifen nicht excentrisch liegen und nicht, wie so häufig geschieht, durch die äussere Contour des Schmelzes unterbrochen werden.

Was die Ursache dieses Verhaltens des Schmelzes gegen das Licht sei, lässt sich in den meisten Fällen vorläufig nicht angeben. Die letzten Ursachen bestimmter Färbungen sind ja überhaupt noch nicht genau ermittelt. Nur in einigen wenigen Fällen glaube ich mich überzeugt zu haben, dass die beschriebenen Streifen nicht immer von einer eigenthümlichen physikalischen oder chemischen Beschaffenheit des Schmelzes herrühren, sondern dass sie manchmal auch durch sehr zahlreiche, dünne Schmelzcanälchen, welche in einer dichten Reihe angeordnet sind, bedingt werden. —

B. Von der Zahnsubstanz.

Die Histogenese der Zahnsubstanz (*Substantia dentalis seu tubulosa*) ist leider noch sehr wenig gekannt und kaum in ihren Grundlinien skizzirt.

Wie sich die Gewebtheile der Pulpa zu einer festen, structurlosen, von mannigfach verästelten Röhrchen durchzogenen Substanz umwandeln; auf welche Weise namentlich die Zahncanälchen sich herausbilden; was mit den in allen Theilen der Pulpa ausgebreiteten Gefässen während der mit der fortschreitenden Bildung der Zahnsubstanz parallel gehenden Verkleinerung der Pulpa geschieht u. s. w.; dies sind lauter Fragen, welche noch nicht als ausgemacht und genügend beantwortet angesehen werden können. So sehr ich gewünscht hätte, zur Ausfüllung dieser Lücke Etwas beizutragen, so musste ich doch aus Mangel an hinreichendem Material auf den Versuch einer vollständigen Darstellung der Entwicklungsweise der Zahnsubstanz verzichten und mich vorläufig nur damit begnügen, einige Structurverhältnisse derselben, welche bisher noch nicht genügend gewürdigt wurden, einer genauern Untersuchung zu unterwerfen. —

Die Zahnsubstanz, welche bekanntlich die grösste Masse der Zähne ausmacht, bedingt, wie man sagt, durch ihre Form die Gestalt des ganzen Zahns. Dies ist im Allgemeinen richtig, obschon man dabei nicht vergessen darf, dass die Zahnsubstanz nirgends frei zu Tage liegt, sondern an der Spitze vom Schmelze, welcher nach unten an Mächtigkeit abnimmt, an dem übrigen frei gelassenen Theile vom Cement, welches nach unten an Mächtigkeit zunimmt, überzogen wird. Die äussere Begrenzung des Zahnes hängt daher auch von den Umrissen des Schmelzes und Cementes ab, da deren äussere Oberflächen nicht mit jener der Zahnsubstanz parallel gehen. Denken wir uns sowohl den Schmelz- als den Cementüberzug hinweg, so würde der nun blos aus der Zahnsubstanz bestehende Zahn eine andere Form erhalten, als er ursprünglich hatte. In der Zahnsubstanz befindet sich eine Höhle zur Aufnahme der Pulpa — die Keimhöhle, welche an der Wurzel, oder wenn mehrere Wurzeln vorhanden sind, an jeder derselben mit einem oder mehreren Löchelchen ausmündet. Die Wände der Keimhöhle sind bis auf den untersten Theil in der Wurzel von der Zahnsubstanz gebildet, an der genannten Stelle aber vom Cement. Man kann demnach eine innere der Pulpa zugewendete und eine äussere vom Schmelz und Cement überzogene Oberfläche der Zahnsubstanz unterscheiden.

Histologisch betrachtet, besteht die Zahnsubstanz aus einer festen, farb- und structurlosen Grundsubstanz und aus einer überaus grossen Anzahl von feinen verästelten Kanälchen, welche in der Grundsubstanz eingebettet sind. Ich habe die Grundsubstanz structurlos genannt, weil dieselbe im ausgebildeten Zustande in der That sowohl an Längs- als an Querschliffen structurlos erscheint und nur künstlich durch besondere Präparation in scheinbar eigenthümliche Elemente zerlegbar ist; damit soll zwar durchaus nicht gesagt sein, dass die Grundsubstanz nicht durch Verschmelzung gesonderter Elementartheile entstehe und niemals Spuren ihres Bildungsprocesses an sich trage, das aber wollte ich allerdings aussprechen, dass ich nicht im Stande war, irgend eine Structur in der völlig entwickelten Grundsubstanz nachzuweisen. Die Fasern, aus welchen man den Zahnknorpel bestehend beschrieb, halte ich für Kunstproducte und glaube, dass der Grundsubstanz nur eine Spaltbarkeit in verschiedener Richtung zukommt. Da das Zahnbein schichtenweise abgelagert wird, wovon sich noch häufig Spuren auf dem Durchschnitte desselben finden, so ist es leicht denkbar, dass der Zusammenhang zwischen diesen Schichten unter günstigen Umständen zu lösen sein werde. Mir ist es gelungen, entsprechend der Schichtung, ganze Lagen der Zahnsubstanz abzusprengen, welche vollkommen

glatte Oberflächen hatten. Die Spaltbarkeit des Zahnknorpels nach dem Verlaufe der Zahnröhrchen ist gleichfalls zu erklären, und es scheint mir, dass man auf dieses Verhalten der Zahnsubstanz keine weiteren Schlüsse bezüglich einer faserigen Structur derselben bauen darf. Denn wenn man nicht zu gleicher Zeit nachweisen kann, wie sich die Elementarfasern des Zahnknorpels, welche zwischen je zwei Kanälchen liegen sollen, auf dem Querschnitte verhalten: so ist ihre Existenz mehr als problematisch. Es ist die Breite dieser Zahnfasern wohl gemessen worden, allein von ihrer Dicke ist nichts angemerkt. Wie soll man sich ihre Anordnung vorstellen, wenn eine derselben nur zwischen je zwei Kanälchen liegen soll; wie ihr Verhalten an den Verästelungsstellen der Zahnkanälchen, und wie bei den Anastomosen? Eine klare Einsicht in solche Structurverhältnisse kann man nur dann erhalten, wenn man dieselben von mehreren Seiten untersucht, was bezüglich der Zahnfasern nicht geschehen ist.

In Erwägung des Gesagten bin ich der Meinung, dass die Elementartheile, aus denen die Grundsubstanz des Zahnbeins entsteht, im Verlaufe des normalen, ungestörten Entwicklungsprocesses innig mit einander verschmelzen und in der Bildung einer structurlosen Masse völlig aufgehen. Wir besitzen für jetzt kein Mittel, die entwickelte Grundsubstanz in ihre ursprünglichen Elementartheile aufzulösen, und wir haben somit ein volles Recht, sie vorläufig für structurlos zu erklären. Die Spuren einer Schichtung, sowie die Spaltbarkeit nach dem Laufe der Kanälchen können nicht für einen Ausdruck von Structur der Grundsubstanz im engern Sinne des Wortes genommen werden. Es kommt hier wesentlich darauf an, sich darüber zu verständigen, welchen Begriff man mit dem Worte Structur verbinden will. Unter Structur im engern Sinne glaube ich aber in der Gewebelehre die Art der Zusammensetzung einer Substanz aus besonderen, selbständigen, histologischen Elementen verstehen zu müssen. Die Schichten, in welche sich die Zahnsubstanz theilen lässt, und die faserigen Fetzen, welche vom Zahnknorpel gerissen werden können, wird man aber gewiss nicht zu histologischen Elementartheilen rechnen können. Im weitern Sinne kann man Structur gleichbedeutend nehmen mit Zusammensetzung überhaupt, was ein Begriff von weit grösserem Umfang ist. Eine schichtenweise Zusammensetzung hat die Grundsubstanz allerdings, allein auch diese ist gewöhnlich gleichsam latent.

Die äussere Oberfläche der Zahnsubstanz wird, wie gesagt, theils vom Schmelz, theils vom Cement überzogen, und zwar gewöhnlich so vollständig überzogen, dass es zu den Ausnahmen gehört, wenn die Schmelzgrenze nicht zugleich genau der obern Begrenzungslinie des

Cements entspricht, und so am Halse des Zahnes grössere Stellen unbedeckt bleiben. Der Theil der Oberfläche, welcher mit dem Schmelz in Berührung kommt, ist meistentheils uneben und entspricht vollständig der Beschaffenheit der innern Schmelzoberfläche; er ist, so zu sagen, ein Abdruck der letzteren; der Theil, welcher an das Cement stösst, ist hingegen fast ganz glatt und eben.

Die Zahnsubstanz grenzt sich gewöhnlich sehr scharf gegen die beiden sie bedeckenden Substanzen ab; zwischen Schmelz und Zahnsubstanz ist dies immer der Fall, das Cement ist jedoch manchmal weniger scharf gegen die Zahnsubstanz abgesetzt. Man findet nicht selten die äusserste Schicht der Zahnsubstanz ganz homogen beschaffen und auf Durchschnitten als einen dünnen, hellen Streif zwischen die Substanzen gleichsam hineingeschoben. Auch an jungen Zähnen, welche ihren Cementüberzug noch nicht vollständig erhalten haben, erscheint diese Schicht sehr deutlich, und es liegt nahe, zwischen ihr und der *Membrana praeformativa* eine Beziehung zu suchen.

Die innere der Keimhöhle zugewendete Oberfläche der Zahnsubstanz zeigt eine ganz besondere Beschaffenheit, welche aller Berücksichtigung werth ist. Um dieselbe zu untersuchen, macht man einen Flächenschnitt von der Wand der Keimhöhle und schleift mit Schonung der zu untersuchenden Seite, also von aussen her das Scheibchen so dünn, als es nothwendig erscheint. Die Gewohnheit, beim Zubereiten der Zahnschliffe abwechselnd bald die eine, bald die andere Seite derselben auf den Stein zu legen und abzuschleifen, mag daran Schuld haben, dass die eigenthümliche Beschaffenheit der Wand der Keimhöhle noch nicht genau erkannt ist; denn es genügen einige wenige Züge über den Schleifstein, um dieselbe zu verwischen oder ganz und gar zu vernichten. Das so bereitete Präparat legt man mit der abgeschliffenen Fläche auf das Objectgläschen, damit die zu untersuchende Seite dem Beobachter unmittelbar zugewendet sei, und betrachtet es mit einer 3—400maligen Vergrösserung. Die Zahnsubstanz erscheint dann an ihrer inneren Oberfläche nicht als ein gleichmässiges Ganze, sondern bestehend aus Kugeln von verschiedenem Durchmesser, welche in verschiedenem Grade unter einander zu einer Masse verschmolzen sind, und auf welcher die Zahnkanälchen gegen die Keimhöhle ausmünden. Bei Beleuchtung von oben erkennt man diese tropfsteinartige Beschaffenheit der innern Oberfläche der Zahnsubstanz sehr deutlich durch die verschiedene Beleuchtung der kugligen Erhabenheiten und durch die Schatten, welche sie werfen. Man hat es hier offenbar mit einem Entwicklungsstadium der Zahnsubstanz zu thun, denn je älter der Zahn ist, desto weniger auffallend ist im Allgemeinen dies Verhalten, und

desto gleichmässiger wird die Oberfläche der Wand der Keimhöhle; in ganz alten Zähnen kommen wieder bedeutendere Unebenheiten daselbst vor, welche jedoch nicht kuglig sind, sondern ein narbenartig verzogenes Ansehen haben. Am besten ist es, das Präparat von einem Zahn zu machen, dessen Wurzel noch nicht völlig geschlossen ist. Auf solchen Präparaten überzeugt man sich leicht, dass die Grundsubstanz der zuletzt gebildeten Schichte des Zahnbeins wenigstens theilweise in Form von Kugeln auftritt, welche unter einander und mit den Kugeln der vorletzten Schichten verschmelzen, und dass der Durchmesser derselben gegen die Peripherie der Zahnsubstanz im Allgemeinen immer kleiner und kleiner, ja punktförmig wird. Die Mehrzahl dieser Kugeln ist von einem oder mehreren Röhrchen von innen nach aussen quer durchbohrt. Sehr häufig jedoch erscheinen sie ganz homogen und enthalten kein Röhrchen.

So verhält sich die Sache von der Fläche aus gesehen (vgl. Taf. 6, Fig. 1). Auf Quer- und Längsschliffen, welche durch die Keimhöhle gehen, nimmt sich diese Beschaffenheit der innern Oberfläche der Zahnsubstanz natürlich anders aus. Während die Zahnröhrchen bei der ersten Ansicht dem Beobachter ihre Lumina zukehrten, präsentiren sie sich auf Quer- und Längsschliffen von der Seite. Die zum Theil verschmolzenen Kugeln, welche mehr oder weniger kreisrund erschienen, müssen im Durchschnitt halbkuglige Erhabenheiten darstellen und der der innern Oberfläche der Zahnsubstanz entsprechenden Contour das Ansehen geben, als ob sie aus lauter Segmenten von Kreislinien zusammengesetzt wäre. Je weniger die Kugeln verschmolzen sind, desto ähnlicher erscheinen sie auch am Durchschnitt vollständigen Kugeln. Man sieht zugleich, wie die die Kugeln durchbohrenden Röhrchen Theile der Zahnkanälchen sind, welche erst bei der Verschmelzung der Grundsubstanz mit dem ihrer Richtung entsprechenden Zahnröhrchen zusammenstossen und ein Ganzes bilden. Es gelingt übrigens nicht immer, Quer- und Längsschliffe zu fertigen, welche zu dieser Untersuchung taugen, weil eben wegen der Unebenheit des zu untersuchenden Randes beim Schleifen, aber namentlich beim Sägen der Scheibchen leicht Beschädigungen stattfinden.

Nimmt man ganz junge, in der Bildung begriffene Zähne frisch aus dem Zahnsäckchen heraus und betrachtet, nachdem man den Zahn einfach in zwei Hälften gespaltet hat, die innere Oberfläche der neugebildeten Zahnsubstanz, so findet man die Kugeln in der beschriebenen Weise, wie an den Präparaten von trocknen und weiter entwickelten Zähnen, wieder; nur scheinen die Kugeln nicht oberflächlich, sondern in der Substanz der neuentstandenen Zahnmasse zu liegen.

Uebrigens muss ich gestehen, dass mir die Bedeutung dieser Kugeln nicht klar geworden ist, und ich wage es nicht, eine bestimmte Ansicht über die Art ihrer Entstehung auszusprechen; doch kann ich nicht unbemerkt lassen, dass die Kugel an den frischen, jungen Zähnen nach Zusatz von Salzsäure verschwinden, und demnach die Vermuthung nahe liege, dass die anorganischen Substanzen während des Verirdungsprocesses in Form von Kugeln abgelagert werden möchten. Darüber kann jedoch nur eine genaue Untersuchung der Entwicklung des Zahngewebes einen vollständigen Aufschluss geben. Erinnern möchte ich hier noch an die Entwicklung der Substanz der Fischschuppen, welche einige Analogie mit der der Zahnsubstanz zu besitzen scheint. Man findet nämlich an der untern Fläche der Schuppe ähnliche Körper, wie die Kugeln der Zahnsubstanz, welche unter einander und mit der schon gebildeten Masse der Schuppe verschmelzen und sich nach Zusatz einer Säure auflösen.

Mag dem aber sein wie ihm wolle, soviel steht fest, dass die in einem gewissen Entwicklungsstadium begriffene Zahnsubstanz in Form von solchen Kugeln auftritt, wie sie an der Wand der Keimhöhle oben beschrieben wurden, und dass diese Kugeln unter einander verschmelzen und verschmelzen müssen, um die legitime Zahnsubstanz darzustellen. Eine Bestätigung dieses Ausspruchs erhält man dadurch, dass unter Umständen diese Verschmelzung nicht stattfindet, und die Kugeln ihre Gestalt nicht aufgeben, und dass dann an verschiedenen Stellen mitten in der Zahnsubstanz Hohlräume gefunden werden, welche eben durch das Nichtverschmelzen der Kugeln nothwendig entstehen. Diese Lücken, welche zwischen den Kugeln bleiben, sind von sehr verschiedener Gestalt und Grösse[1]. Ich nenne sie I n t e r g l o b u l a r r ä u m e. Weil die Bedeutung dieser Kugeln nicht genau erkannt, und es nicht gewiss (ja unwahrscheinlich) ist, ob die Kugeln zelligen Elementen entsprechen, so habe ich gerade diese Bezeichnung gewählt, um nicht mit dem Namen eine Deutung auszusprechen.

Die Interglobularräume kommen in verschiedener Ausdehnung und Anzahl zu verschiedenen Punkten in der Zahnsubstanz namentlich jüngerer Zähne vor; am schönsten und von überraschend grosser Ausdehnung sah ich sie in dem Präparate von einem Eckzahn eines 15jährigen Knaben, welches sich im Besitze des Hrn. Prof. KÖLLIKER befindet.

Die Interglobularräume finden sich an zwei verschiedenen

[1] Ich habe eine vorläufige Mittheilung dieser Untersuchungen in dem ersten Bande der Verhandl. der physik.-medic. Gesellschaft in Würzburg gemacht, S. 61.

Punkten, erstens längs der Grenze zwischen der Zahnsubstanz und dem Cement, und zweitens dort, wo die Schichten, in welchen die Zahnsubstanz abgelagert wird, an einander stossen. An beiden Fundorten sind die Interglobularräume im Wesentlichen ganz gleich; nur darin unterscheiden sie sich einigermaassen, dass die Kugeln, welche sie begrenzen, nicht gleich gross sind. Ich habe oben bemerkt, dass die Kugeln gegen die Peripherie der Zahnsubstanz an Durchmesser im Allgemeinen abnehmen. Daher müssen die Interglobularräume an der Grenze zwischen Zahnsubstanz und Cement von kleineren Kugeln begrenzt werden und überhaupt cet. par. kleiner sein, als jene, welche mehr gegen die Mitte der Zahnsubstanz vorkommen. Ich habe (Taf. 7), Fig. 5 eine Abbildung von den Interglobularräumen an der Grenze zwischen der Zahnsubstanz und dem Cemente gegeben; sie stellen sich als kleine, unregelmässig zackige Höhlen dar, welche deutlich durch das Auseinandertreten von kleinen (bis $^{3}/_{600}$ Wiener Linie im Durchmesser haltenden) Kugeln der Grundsubstanz entstehen, und haben auf dem Durchschnitt einige Aehnlichkeit mit verkümmerten Knochenkörperchen, für welche sie auch gehalten wurden. Sie bilden meist ein zusammenhängendes Stratum rings um die Zahnsubstanz herum und grenzen nach aussen an die oben erwähnte structurlose Lamelle, welche zwischen Cement und Zahnsubstanz eingeschaltet gefunden wird. Betrachtet man das Stratum dieser Interglobularräume auf einem Flächenschliff, so bemerkt man, dass sie öfter in bestimmten Absätzen dichter stehen, und erkennt diese Anhäufungen mit unbewaffnetem Auge als quer um die Zahnsubstanz laufende, durch die dünne Cementlage durchschimmernde weisse Linien. Am ausgezeichnetsten sah ich die beschriebenen Interglobularräume an einem Präparat von einem leider nicht näher bestimmten Thierzahne, welches sich in der Sammlung der Würzburger mikroskopischen Anstalt befindet (vgl. Taf. 7, Fig. 6).

Was die grösseren Interglobularräume betrifft, so liegen dieselben, wie gesagt, meist in Gruppen beisammen, welche mit der Schichtung der Zahnsubstanz in Beziehung stehen.

(Taf. 6) Fig. 3 und (Taf. 7) Fig. 4 habe ich einige abgebildet; doch sind es nicht von den grössten.

Man sieht (Fig. 3), wie die Zahnkanälchen von den Hohlräumen in ihrem Laufe unterbrochen werden. Die begrenzenden Kugeln, welche von den Zahnkanälchen von innen nach aussen quer durchbohrt werden, sind oft von sehr ungleicher Grösse ($\frac{6 \text{ bis } 36}{1320}'''$) und in bedeutender Anzahl vorhanden.

Bei auffallendem Licht erscheinen die Interglobularräume ganz weiss, bei durchfallendem schwarz und undurchsichtig. Behandelt man den Schliff mit einer Flüssigkeit, welche leicht in die feinen Pörchen der Zahnsubstanz eindringt (z. B. mit Terpentinöl), so füllen sich die Interglobularräume mit derselben und werden ganz durchsichtig und hell, und ihre Begrenzungen treten sehr deutlich hervor. Es ist kein Zweifel, dass die glänzend weisse Farbe der Interglobularräume von derselben Ursache abhängt, wie jene silberweisse Beschaffenheit der Zahnkanälchen — nämlich von der Anfüllung mit Luft. Ich habe auch weiter kein erhebliches Contentum in ihnen finden können.

Ueber die Interglobularräume muss ich übrigens im Allgemeinen noch Folgendes bemerken. Die Gestalt der Interglobularräume ist in den meisten Fällen so beschaffen, dass man ihre Begrenzung durch Kugeln auf den ersten Blick erkennt; manchmal ist dies schon schwieriger. Es giebt aber auch Hohlräume, an denen man eine Begrenzung durch sphärische Flächen geradezu nicht nachweisen kann, und man dürfte geneigt sein, zu vermuthen, dass es in der Zahnsubstanz noch Hohlräume andern Ursprungs, als die Interglobularräume, gäbe.

Die in Frage stehenden Höhlen sehen den Knochenkörperchen manchmal sehr ähnlich, nur dass sie oft viel grösser sind, als diese.

Es wäre demnach zu untersuchen, ob dies etwa wirklich (vielleicht veränderte) Knochenkörperchen sind, und ob sie überhaupt den Interglobularräumen beizuzählen wären?

Nach meinen Beobachtungen muss ich die erste Frage negativ beantworten, die zweite aber bejahen.

Zur Begründung meines Ausspruchs habe ich zu bemerken, dass diese Hohlräume sich gegen die Zahnkanälchen gerade so verhalten, wie die Interglobularräume, nämlich die Zahnkanälchen in ihrem Laufe unterbrechen, d. h. dass die Röhrchen auf der einen Seite, so zu sagen, in dieselben einmünden, auf der andern Seite aus ihnen entspringen. Wollte man nun diese Hohlräume durchaus für Knochenkörperchen ansehen, so müssten die Zahnkanälchen den Ausläufern der Knochenkörperchen analog gesagt werden, wozu man gar keine Veranlassung hat.

Ferner ist zu erwägen, dass die Kugeln factisch auf sehr verschiedene Weise zu einem Ganzen unter einander verschmelzen, wie uns ein Blick auf Fig. 1 lehrt, und dass es daher ganz gut erklärbar ist, wenn ein Interglobularraum keine sphärische Begrenzung hat. Man braucht also diese Hohlräume nicht von den Interglobularräumen, als verschiedene Gebilde, zu trennen.

Uebrigens ist hierzu noch anzuführen, wie verschieden in einem und demselben und in verschiedenen Zähnen das Ansehen jener Interglobularräume ist, welche an der Grenze zwischen Cement und Zahnsubstanz liegen; bald erscheinen nämlich die sie begrenzenden Kugeln deutlich und unverkennbar, bald hingegen ganz und gar verwischt.

Man wird aber doch nicht glauben wollen, dass diese Hohlräume einmal durch das Auseinanderweichen oder Nichtverschmelzen der Zahnsubstanzkugeln, das andere Mal auf eine andre Weise entstehen.

Demnach halte ich die betreffenden Hohlräume für wahre Interglobularräume und glaube überhaupt an die Möglichkeit, dass Lücken, welche längere Zeit hindurch zwischen den Kugeln bestanden haben, selbst später noch in ihrer Gestalt verändert werden, ja selbst noch verschwinden können.

Ob Knochenkörperchen in der Zahnsubstanz überhaupt vorkommen, ist aber eine andre, schwer zu entscheidende Frage. Nach dem, was ich gesehen habe, möchte ich es noch bezweifeln. Man darf nicht jeden ramificirten Hohlraum gleich für ein Knochenkörperchen erklären. Ein Knochenkörperchen ist ein aus einer Zelle durch einen bestimmten Entwicklungsvorgang entstandenes Gebilde, und daher sind Hohlräume, welche auf eine andre Weise und nicht aus einer Zelle sich herausbilden, wenn sie auch vollständig den Knochenkörperchen ähnlich sähen, durchaus nicht mit diesen zu verwechseln.

Mir ist übrigens mitten unter den Kanälchen der Zahnsubstanz bis jetzt noch niemals ein Hohlraum vorgekommen, welcher einem ausgebildeten, legitimen Knochenkörperchen vollständig gleich gesehen hätte. Wenn auch eine histologische Verwandtschaft zwischen Knochen- und Zahnsubstanz zugegeben wird: so ist es darum noch nicht nothwendig, dass Elemente der einen in der andern vorkommen müssen. Wo immer Zahnsubstanz und Knochenmasse in unmittelbare Berührung treten, wie z. B. auch bei pathologischen Ablagerungen von Knochensubstanz innerhalb der Keimhöhle, findet man zwischen den Grundsubstanzen Beider eine mehr oder weniger scharfe, oft sehr auffallende Grenze und Verschiedenheit der Färbung. Es wäre die Frage, ob Knochenkörperchen auch in verschiedener Grundsubstanz vorkommen können. Obgleich dieselbe nicht zu verneinen ist, so möchte ich doch noch den Nachweis durch Beobachtungen abwarten, dass gewöhnliche Knochenkörperchen mitten in der Zahnsubstanz hier und da wirklich zu finden sind.

Die Beschreibung der Hohlräume der Zahnsubstanz führt uns zur Betrachtung der Zahnkanälchen, welche constante und wesentliche Formbestandtheile der Zahnsubstanz sind. Ueber den Verlauf und

die Anordnung derselben besitzen wir sehr genaue Untersuchungen, und ich halte es für überflüssig, das darüber Gesagte noch einmal zu sagen. Nur das möchte ich hinzufügen, dass die Zahnkanälchen öfter, als man gewöhnlich annimmt, einen unregelmässigen, wirren Verlauf haben; namentlich ist dies der Fall in dem Wurzeltheile der Zahnsubstanz und in der *Pars alveolaris.*

So bekannt auch der Verlauf und die Anordnung ist, und so oft die Zahnkanälchen Gegenstand genauer Untersuchungen waren, so giebt es doch noch in Bezug auf dieselben mehrere streitige Punkte. Abgesehen von der Art ihrer Entstehung, von der wir nichts Genaues wissen, sind es namentlich die zwei Fragen, welche noch nicht übereinstimmend von den verschiedenen Forschern beantwortet sind: erstlich, ob die Zahnröhrchen eigene Wandungen besitzen; und zweitens, auf welche Weise die Aeste der Zahnröhrchen endigen.

Nach meinen Untersuchungen halte ich mich für überzeugt, dass die ausgebildeten, normalen Zahnkanälchen allerdings selbständige Wandungen besitzen, welche aber nicht in allen Zähnen mit derselben Deutlichkeit nachgewiesen werden können. Am Besten sieht man die Wandungen an Querschliffen, an denen die Zahnkanälchen quer oder schräg durchschnitten sind. Es erscheint um das punktförmige Lumen der Zahnröhre ein mehr oder weniger breiter, meist gelblich gefärbter Saum, welchen schon PURKINĚ als den Durchschnitt der Wandung gedeutet hat. In manchen Fällen ist die äussere Contour dieses Saumes in der That nicht scharf, und man kann versucht sein, denselben für eine optische Täuschung auszugeben; allein häufig genug sieht man die äussere Contour so scharf und bestimmt, dass man durchaus nicht den geringsten Zweifel haben kann, dass dieser Saum wirklich der Durchschnitt einer selbständigen Wandung sei. Hiernach bleibt nur anzunehmen, dass die Wandungen der Röhrchen in vielen Fällen überaus dünn oder vielleicht durch irgend einen Vorgang ganz verschwunden sind. Gegen die feineren Verzweigungen hin nehmen die Wandungen unter allen Umständen an Dicke ab.

Was die zweite Frage betrifft, so habe ich gesehen, dass die Zahnröhrchen auf verschiedene Weise endigen. Die Zahnröhrchen theilen sich an allen möglichen Stellen ihres Verlaufs in Aeste, ganz nahe an der Keimhöhle, weiter entfernt von ihr, und oft erst unmittelbar an der Peripherie. Häufig geben die Hauptäste eine unendlich grosse Anzahl überaus feiner Zweigchen während ihres ganzen Verlaufes ab (vgl. Fig. 5).

Die durch die Theilungen entstandenen Aeste eines Zahnkanälchens anastomosiren nun entweder mit den Aesten anderer Röhrchen,

oder sie endigen frei, und dann laufen sie bald fein aus, bald münden sie in verschiedene Hohlräume ein. In der Krone gehen sie häufig in die Schmelzräume über (Fig. 3); es lässt sich wenigstens die Contour des Zahnröhrchens unmittelbar, ohne Unterbrechung, in die des Schmelzkanälchens verfolgen. In dem übrigen Theile der Zahnsubstanz stehen sie aber theils mit den Interglobularräumen an der Grenze zwischen Zahnsubstanz und Cement in Verbindung (Fig. 5), oder sie erstrecken sich noch weiter in das Cement hinaus und treffen auf die Ramificationen der Knochenkörperchen.

Es ist offenbar zu weit gegangen, die freien Endigungen der Zahnröhrchen der Idee einer regelmässigen Circulation des Zahnsaftes zu Liebe durchweg zu läugnen, und überall Anastomosen zu sehen, welche zur Durchführung dieser Idee in so ausgedehnter Weise nicht einmal unumgänglich nothwendig sind. Wahr ist es allerdings, dass die Anastomosen der Zahnröhrchen bis in die neueste Zeit zu wenig berücksichtigt wurden. Schliesslich muss ich noch an das schon oben erwähnte Verhalten der Röhrchen zu den grossen Interglobularräumen erinnern, welche die Continuität derselben unterbrechen und in unmittelbarer Verbindung mit ihnen stehen.

Das Zahnbein wird also nach dem Mitgetheilten von einem fast in allen Theilen zusammenhängenden Röhren- und Höhlensysteme durchzogen, welches ohne Zweifel zur Leitung des Ernährungssaftes und nicht zur Aufbewahrung freier erdiger Bestandtheile bestimmt ist.

Man hat die Vermuthung ausgesprochen, dass die Circulation der Ernährungsflüssigkeit in diesem zusammenhängenden Gefässsysteme ähnlich vor sich gehen möge, wie jene des Blutes in den Arterien, Capillaren und Venen. Betrachtet man jedoch die gegebenen Verhältnisse näher, so muss man gestehen, dass durchaus keine Anhaltspunkte zur strengen Durchführung einer solchen Annahme vorhanden sind. Es dürfte namentlich schwer zu begreifen sein, durch welche Kräfte eine regelmässige Fortbewegung und Stromrichtung der Flüssigkeit bedingt werden solle. Man könnte zwar glauben, dass durch das rhythmische Anschwellen der Pulpa während der Systole ihrer arteriellen Gefässe auch eine rhythmische Bewegung in der Flüssigkeit hervorgerufen werden müsste; allein erstlich ist zu bedenken, dass der Unterschied der Blutanfüllung während der Systole und Diastole in so kleinen Arterien, wie in denen der Pulpa, kein erheblicher sein wird, und zweitens sind durch die starren, dem Luftdruck widerstrebenden Wandungen der Zahnröhrchen so eigenthümliche physikalische Verhältnisse gesetzt, dass man denselben erst volle Rechnung tragen müsste, bevor man das rhythmische Anschwellen der Pulpa als ein bewegendes

Moment des Zahnsaftes proclamiren dürfte. Ein andres Moment, welches jedenfalls eine Bewegung der Ernährungsflüssigkeit bedingen muss, ist die Ausschwitzung neuer Flüssigkeit aus den Gefässen der Pulpa. Ich glaube daher, dass die Ernährungsflüssigkeit keineswegs in dem Röhrensysteme des Zahnbeins stagnirt, sondern dass sie in unregelmässiger, nicht genau determinirter Richtung bewegt werde, und dass in Bezug auf die Gefässe der Pulpa endosmotische und exosmotische Strömungen in der Flüssigkeit zu Stande kommen können. —

Auch auf dem Durchschnitte der Zahnsubstanz kommen ähnlich, wie an jenem des Schmelzes, eigenthümliche Streifen vor. Auf Querschnitten sind sie kreisrund, oval, oder nach einer andern krummen Linie gebogen; auf Längsschnitten laufen sie schräg von aussen und unten nach innen und oben, und zwar auf beiden Seiten der Keimhöhle; oberhalb der Keimhöhle vereinigen sich die Streifen der einen Seite mit jenen der andern bogenförmig, oder stossen, wie dies namentlich in dem äussersten Theile der Spitze geschieht, unter einem mehr oder weniger spitzen Winkel zusammen (Fig. 2). Da die Grundsubstanz des Zahnbeins völlig durchsichtig ist, und die glänzend weisse, perlmutterartige Beschaffenheit der Zahnsubstanz nur durch die mit Luft gefüllten Hohlräume in derselben bedingt wird, so muss diese Streifung von besonderen Verhältnissen der Zahnkanälchen und der Interglobularräume abhängen. Diese regelmässige Streifung ist gleich den Jahresringen im Holze der Ausdruck einer schichtenweisen Ablagerung und stimmt genau mit der Krümmung der Lagen überein, in welchen die Zahnsubstanz abgesetzt wird. Untersucht man bei durchfallendem Lichte die bei der Beleuchtung von oben hell erscheinenden Streifen genau, so erkennt man, dass an diesen Stellen entweder Interglobularräume vorhanden sind (Fig. 2), oder dass die Zahnkanälchen local erweitert oder wellenförmig gebogen sind, wodurch nothwendig eine Vergrösserung der das Licht reflectirenden Fläche gesetzt ist. Es kommen oft alle diese Momente zu gleicher Zeit zusammen, oft jedoch findet sich nur das eine oder das andere Verhältniss als Grund der hellern Färbung. —

C. Vom Cement.

Wie der Schmelz die Krone, so überzieht das Cement den Hals und die Wurzel der Zähne als eine mehr oder weniger mächtige Schicht. Gegen das untere Ende der Wurzel nimmt die Dicke der Cementschicht zu.

Histologisch betrachtet besteht das Cement aus denselben Formelementen, wie die Knochensubstanz, mit Ausnahme der Haversianischen

Kanälchen, welche ich noch nicht im Cement gesehen habe. Man findet zwar dann und wann ansehnlich dicke Kanäle im Cement; allein dieselben schienen mir immer einen andern Charakter zu haben, als wahre Knochenkanälchen. Ich besitze ein Präparat von einem sehr alten Zahne, in dessen Cement sich eine bedeutend grosse Menge verzweigter, dicker und varicöser Kanäle befinden, welche, mannigfach gebogen, in verschiedener Richtung das Cement durchziehen, aber durchaus nicht wie Haversianische Kanälchen aussehen. Auch in der Sammlung des Breslauer physiologischen Instituts sah ich ein Präparat, in welchem das Cement von zahlreichen dicken Kanälchen durchbohrt war, die von aussen nach innen zogen und mit ihren blinden Enden mitunter bis in die Zahnsubstanz hineinreichten. Sie waren theilweise mit Luft gefüllt, einige von ihnen am Ende gabelförmig getheilt. Sie standen theils in Gruppen bei einander, welche aus einer gemeinschaftlichen Vertiefung der äussern Oberfläche des Cements entsprangen, theils verliefen sie isolirt. Auch diese Kanälchen erinnerten nicht an die im Knochen vorkommenden verzweigten Röhren, welche unter dem Namen der Haversianischen Kanälchen bekannt sind.

Die Knochenkörperchen des Cements stimmen im Allgemeinen mit jenen der Knochen überein; nur sind ihre Ausläufer meist zahlreicher, feiner, und von wirrem Verlauf, so dass man beide Sorten von Knochenkörperchen gewöhnlich auf den ersten Blick aus einander kennen kann. Die Entstehung der Knochenkörperchen aus Zellen ist sehr schön an jenen Stellen der schmelzfaltigen Thierzähne zu erkennen, wo Cement und Schmelz zusammenstossen. Die Knochenzellen liegen oft ganz isolirt in der letztern Substanz und zeigen die Verdickung ihrer Wandungen sehr deutlich. Ich habe Fig. 7 eine Abbildung davon gegeben.

Nebst den Knochenkörperchen kommen noch dünne Kanälchen vor, welche manchmal wie Sprünge aussehen und nicht selten sehr zahlreich, verzweigt und von gekrümmtem Verlaufe sind; ihre Richtung ist quer durch das Cement hindurch (vergl. Fig. 5).

Diese verschiedenen Hohlräume des Cements stehen häufig unter einander in Verbindung; doch kann man sich leicht überzeugen, dass im Cement kein zusammenhängendes Röhrensystem besteht; ja man findet an vielen Präparaten lange Strecken weit oder überhaupt gar keine Spur irgend eines dieser Hohlräume, und das Cement erscheint homogen.

Die Grundsubstanz des Cements hat sehr häufig das Ansehen einer lamellösen Zusammensetzung, wie jene der Knochensubstanz; doch ist dieselbe nicht immer so deutlich und regelmässig, wie im Knochen.

Die äussere Oberfläche des Cements ist nicht ganz glatt und eben. Manchmal lässt sie, ähnlich wie die äussere Schmelzoberfläche, eine regelmässig wulstige, mikroskopisch untersucht aber wohl immer eine körnige Beschaffenheit deutlich erkennen. —

D. Von den Nerven.

Die Nerven, welche für die Zähne bestimmt sind, stammen bekanntlich aus dem *Nervus trigeminus* und treten durch die kleinen Löchelchen an der Wurzel der Zähne in die Keimhöhle ein, um sich in der Pulpa zu verbreiten. Die Blutgefässe begleiten die Nerven in grosser Anzahl und lösen sich an der Oberfläche der Pulpa in ein reiches Capillarnetz auf.

Um den Verlauf und die Anordnung der Nerven zu studiren, bricht man die Keimhöhle vorsichtig auf und nimmt dann mit möglichster Schonung, ohne gewaltsames Zerren, die ziemlich lose in der Keimhöhle liegende Pulpa heraus.

An einem frischen Präparate findet man die Gefässe gewöhnlich sehr schön mit Blut injicirt und kann wegen der Menge derselben kaum etwas von den Nerven unterscheiden. Es ist daher nothwendig, ein Reagens anzuwenden, welches die Grundsubstanz der Pulpa durchsichtig und die Blutgefässe verschwinden macht, sowie das Blut entfärbt.

Essigsäure taugt hierzu gar nichts, weil nach ihrer Einwirkung eine Menge Kernbildungen auftreten, welche auf der einen Seite soviel schlecht machen, als auf der andern Seite durch die Essigsäure verbessert wird. Als ein dem Zwecke entsprechendes, sehr vorzügliches Mittel ist hingegen eine mehr oder weniger gesättigte Natronlösung zu empfehlen. Dieses auf der Würzburger Mikroskopie sehr häufig angewendete Reagens hat die Eigenschaft, nicht nur die Grundsubstanz der Pulpa vollkommen durchsichtig, sondern auch die bluterfüllten Gefässe ganz und gar verschwinden zu machen, die Nerven hingegen nicht alsogleich anzugreifen, obschon dies nach längerer Einwirkung und bei stärkeren Concentrationsgraden endlich doch geschieht. Man hat aber immerhin Zeit genug, die Ausbreitung der Nerven, welche mit überraschender Klarheit hervortreten, hinreichend genau zu verfolgen und zu durchsuchen. Härtungsversuche mit Sublimat, wie ich sie an anderen Orten mit gutem Erfolg häufig angewendet habe, führten hier nicht zum Ziel, weil die Substanz der Pulpa sehr undurchsichtig wurde und, trotz aller angewendeten Mittel, blieb. Vorläufig ist das Natron das beste Reagens, um die Nerven der Pulpa sichtbar zu machen.

Die Anordnung und das Verhalten der Nerven in der Pulpa ist lange nicht so einfach, als man sich bisher vorgestellt hat. Was zunächst die Anordnung betrifft, so treten die Primitivfasern, in viele Bündelchen gesondert, in die Pulpa ein und verlaufen gerade gestreckt von unten nach oben gegen die Spitze. Die Bündelchen sind von verschiedner Stärke; manche unter ihnen enthalten blos zwei bis drei Fasern; auch einzelne Primitivfibrillen sieht man häufig in der Richtung der Bündel verlaufen.

Im Allgemeinen sind die stärkeren Bündel mehr central, die schwächeren mehr peripherisch angeordnet. Nicht selten findet zwischen den einander näher gelegenen Bündeln ein Austausch der Fasern statt, so dass dadurch eine Art von langmaschigem Plexus entsteht; doch ist es für die Nerven der Pulpa charakteristisch, dass sie lange Strecken ganz isolirt verlaufen.

Verfolgt man die Bündel weiter, so sieht man, dass sie sich schliesslich in ein wirres Nervengeflecht auflösen, welches ganz oberflächlich, in den äussersten peripherischen Schichten der Pulpa liegt und an Mächtigkeit nach unten abnehmend bis über die Mitte der Pulpa herabsteigt. Die Nervenfasern laufen da sehr unregelmässig, in mannigfachen Biegungen durch einander.

Die mehr peripherisch gelegenen Bündel tragen hauptsächlich zur Bildung des untern und mittlern Abschnittes der oberflächlichen Nervenverbreitung bei, die mehr central gelegenen zur Bildung des obern Abschnittes.

Dies wäre ein allgemeines Schema der Verbreitungsweise der Nerven in der Pulpa, aus dem man ersieht, dass die Nerven nicht brevi manu an die Peripherie treten, sondern dass ihre eigentliche Endverbreitung erst dann stattfindet, wenn sie an der Bildung eines mehr oder weniger deutlich ausgesprochenen central gelegenen Plexus Theil genommen haben.

Das Verhalten der Nerven innerhalb dieses allgemeinen Schema's ihres Verlaufs ist folgendes. Die Primitivfibrillen verjüngen sich nach und nach und erscheinen, nachdem sie in das oberflächliche Netz getreten sind, blass contourirt. Theilungen der Primitivfasern kommen an verschiedenen Punkten vor. Ich habe wiederholte Theilungen der Zahnnervenfasern nicht nur beim Menschen, sondern auch beim Schwein, bei der Katze, dem Hunde und dem Kalbe beobachtet.

Ueber die eigentliche peripherische Endigung der Nervenfasern kann ich nichts Genaues angeben; von der Existenz der so häufig beschriebenen Endumbiegungsschlingen konnte ich mich nicht überzeugen. Wohl sah ich schlingenförmige Umbiegungen der Nerven-

fasern, namentlich in ihrer oberflächlichen Verbreitung; allein ich konnte niemals bemerken, dass die Faser nach ihrer Umbiegung die Pulpa wirklich wieder verlasse; denn entweder bog sie sich nach längerem oder kürzerem Verlauf abermals gegen die Spitze hinauf oder verschwand dem Blicke spurlos.

Ob die Aeste der Zahnnervenfasern frei endigen, ob sie Endschlingen oder Netze bilden, oder was sonst mit ihnen geschieht, muss ich unentschieden lassen. —

Noch in einem andern zum Zahnapparate gehörenden Gewebe (abgesehen von der Pulpa, in welcher man von der Existenz der Nerven schon lange wusste), habe ich Nerven gefunden — nämlich im Periost der Zähne.

Es ist bekannt, dass sich zwischen der äussern Oberfläche der Zahnwurzel und der Innenfläche der Alveolen, hauptsächlich wohl zur Befestigung der Zähne, eine straffe Zellgewebsmasse befindet, welche man als ein gemeinschaftliches Periost der Alveole und des Zahnes ansehen kann. Bricht man einen Zahn aus seiner Alveole heraus, so bleibt diese Zellgewebsmasse in grösserer oder geringerer Ausdehnung auf dem Zahne sitzen, und es genügt für die mikroskopische Untersuchung, Partieen derselben vorsichtig mit dem Messer abzupräpariren. In solchen Fetzen nun habe ich sehr häufig Nerven und Blutgefässe gefunden, nachdem ich zur Vermehrung der Durchsichtigkeit das Präparat mit Essigsäure behandelt hatte. Mir ist es nicht bekannt, dass an dieser Stelle schon früher Nerven beschrieben worden sind.

Der Reichthum der Zähne an sensitiven Nerven ist überaus gross, und es erklären sich zum Theil hieraus die enormen Schmerzen, welche in Folge von pathologischen Processen oder sonstigen Vorgängen an unserm Zahnapparate auftreten, und die bedeutende Empfindlichkeit gegen gewisse Reize, trotz der überwiegenden Masse unempfindlicher, starrer Substanzen, welche die Zähne zusammensetzen; obschon auf der andern Seite gerade diese starren, mit so viel unorganischen Bestandtheilen durchdrungenen Substanzen in ihrer besondern Anordnung um die sensitiven Apparate herum auch wieder Verhältnisse setzen, welche als günstige Momente für die Reizung der Nerven betrachtet werden müssen und selbst dann eine grössere Schmerzhaftigkeit und Empfindlichkeit der Zähne bedingen würden, wenn auch nicht so viele sensitive Nerven vorhanden wären.

Ich reflectire hierbei einmal auf den Umstand, dass die nervenreiche Pulpa in einer beschränkten, mit starren, unnachgiebigen Wandungen versehenen Höhle eingeschlossen ist und daher bei entzündlichen Processen, welche mit Exsudatbildung innerhalb der Keimhöhle

einhergehen, sehr leicht einem bedeutenden Drucke ausgesetzt werden kann, welcher unter anderen Verhältnissen durch die Möglichkeit, dem Drucke des Exsudats auszuweichen, vielleicht sehr gering sein würde, — und dann auf die Leichtigkeit des Zustandekommens von Erschütterungen in so starren, harten Körpern, wie die Zahnsubstanzen, und die besondere Leitungsfähigkeit derselben für gewisse Reize. Als Beispiel für den letztern Umstand führe ich das bekannte Factum an, dass man zwischen den Zähnen die feinsten Sandkörnchen mit Leichtigkeit bemerkt, während dieselben zwischen den Fingern kaum eine erhebliche Empfindung verursachen können.

Die Empfindlichkeit eines sensitiven Organs hängt wesentlich allerdings nur von der absoluten Menge der sensitiven Nervenprimitivfibrillen ab; allein es ergiebt sich aus dem Gesagten, dass die Structur und Beschaffenheit des Organs in verschiedner Weise modificirend auf diese Eigenschaft einwirken kann.

Die Bestimmung der Zähne ist, als Werkzeuge zur Verkleinerung der Speisen zu dienen. Die reiche Ausstattung dieser mechanischen Werkzeuge mit sensitiven Nerven lässt aber vermuthen, dass sie beim Acte des Kauens noch eine andere Rolle spielen werden, und dies ist auch wirklich der Fall. Die Zähne gehören nämlich mit zu den zahlreichen Organen des Tastsinnes (es sind gleichsam colossal entwickelte Tastpapillen) und vermitteln verschiedene sinnliche Wahrnehmungen. Sie haben deshalb auch — gleich den übrigen sensitiven Vorrichtungen in der Mundhöhle — noch die Bestimmung, die Thätigkeit der motorischen Apparate beim Kauen mit beherrschen und zweckdienlich reguliren zu helfen. Der Act des Kauens ist ein sehr zusammengesetzter, obschon der blos mechanische Theil desselben ganz einfach ist. Die motorischen Vorrichtungen allein ohne die sensitiven Apparate der Mundhöhle könnten keine zweckmässige Verkleinerung der Speisen zu Stande bringen, und zwar schon darum, weil sie überhaupt gar nicht in Thätigkeit gesetzt würden, wenn wir nicht durch die sensitiven Nerven belehrt würden, dass sich Speisen im Munde befinden. Es ist eben die Function der sensitiven Apparate, also auch der Zähne, uns während des Kauens über die Lage und Beschaffenheit der Speisen in Kenntniss zu setzen und zu erhalten, wodurch dann der Kraftaufwand und die Art der Bewegung der Zunge, des Unterkiefers und der anderen hierher gehörigen beweglichen Theile bestimmt wird.

Damit die Zähne als Tastwerkzeuge wirken und überhaupt Empfindungen vermitteln, müssen die Nerven der Pulpa gereizt werden. (Die Nerven, welche ich im Zahnperiost gefunden habe, will ich vorläufig gar nicht in Rechnung bringen, indem Versuche über die Empfindlich-

keit des Periosts überhaupt, welche auf der Würzburger Mikroskopie angestellt wurden, ein negatives Resultat gegeben haben). Eine Reizung dieser Nerven kann aber (wenn der Zahn ganz unversehrt ist), von aussen her nur entweder durch eine Bewegung des ganzen Zahnes hervorgebracht werden, wodurch eine Zerrung der Nerven oder ein Druck auf die in die Wurzel eintretenden Nervenstämmchen ausgeübt wird, oder durch eine totale oder partielle Erschütterung, welche jedoch von einer gewissen Heftigkeit sein muss, damit sie sich bis zu den Nerven hinein fortpflanzt. Wärme, Kälte und andere specifische Reize müssen durch die Substanzen des Zahnes bis zu den Nerven fortgeleitet werden, um auf dieselben einwirken zu können.

Was die Schärfe der Empfindung in den Zähnen betrifft, so ist dieselbe ziemlich gering, indem wir nur unklar unterscheiden können, wo, an welchen Stellen ein bestimmter Zahn berührt wird. Der wirre Verlauf der Nerven in der peripherischen Ausbreitung derselben kann dies vielleicht einigermassen erklären; überdies ist noch der Umstand zu berücksichtigen, dass die durch die Berührung an einer Stelle erzeugten Erschütterungen sich in grösserer Ausdehnung der festen Zahnsubstanz mittheilen, und daher bei jeder Berührung wohl alle Nerven, freilich mehr oder weniger stark, erschüttert und gereizt werden müssen. Es ist hiernach eigentlich sehr bemerkenswerth, dass die Zähne relativ doch noch so viel Schärfe der Empfindung haben.

Man hat hier an den Zähnen ein schönes Beispiel, in welcher Weise die Beschaffenheit eines sensitiven Organs und die physikalische Qualität seiner Substanzen bestimmend und modificirend auf die Brauchbarkeit und die Function desselben einwirken kann.

Wenn die Nerven in den Zähnen wirklich auch so angeordnet und eingerichtet wären, dass sie noch weit schärfer, als in ihrer jetzigen Anordnung, gleichzeitige und räumlich von einander entfernt einwirkende Reize in der Empfindung räumlich zu sondern im Stande wären, so würden die Zähne aus dem angegebenen Grund wahrscheinlich doch keine feinfühlenden und ausgezeichneten T a s t w e r k z e u g e sein, obschon sie natürlich trotzdem feinfühlend genannt werden müssten.

Es verhielte sich dabei gerade so, wie bei einem Auge, welches aus einer sehr scharf empfindenden Retina und aus einem sehr unvollkommenen, ganz undeutliche Bilder entwerfenden optischen Apparate bestände.

Dieses Auge würde zwar ein sehr schlechtes, unbrauchbares S e h w e r k z e u g sein; allein es würde immerhin die auf seiner Retina entworfenen Bilder bis auf die kleinsten Zerstreuungskreise genau und

scharf wahrnehmen und deshalb als ein feinfühlendes Organ betrachtet werden müssen.

Die Schärfe der Empfindung in einem Organe hängt wesentlich blos von der Anordnung der Nerven ab (nämlich von der relativen Menge Primitivfasern, welche gesonderte Empfindungen vermitteln): auf den Bau und die physikalische Qualität desselben kommt gar nichts an, sobald die Nerven nur überhaupt durch äussere Gegenstände in einen Reizungszustand versetzt werden können, weil sonst die sensitive Fähigkeit dieses Organs gar nicht in die Erscheinung treten kann — ausgenommen durch subjective Empfindungen.

Ich schliesse hiermit diese Betrachtungen, welche sich in ausgedehntem Maasse über die neuro-physiologischen Verhältnisse der Zähne anstellen liessen, weil mich dies weit über die Grenzen einer anatomischen Abhandlung hinausführen würde; nur das will ich noch bemerken, dass das eben Gesagte zur Erläuterung meiner an einem andern Orte über diesen Gegenstand ausgesprochenen Ansichten dienen kann.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 6 und 7.

Fig. 1 stellt die eigenthümliche Beschaffenheit der inneren Oberfläche des Zahnbeins dar. Die Zeichnung ist nach einem Präparate von einem zweiten oder bleibenden menschlichen Zahne, dessen Wurzel noch nicht völlig geschlossen war, gefertigt.

Fig. 2. Längsschnitt eines Eckzahns bei schwacher Vergrösserung.

Fig. 3. Interglobularräume in der Zahnsubstanz der Krone, und Schmelzräume. Längsschliff. Vergrösserung 400.

Fig. 4. Zahnsubstanzkugeln im Querschnitt. Aus der Krone eines Mahlzahns.

Fig. 5. Längsschliff von einem untern Eckzahn eines 15jährigen Knaben. Eine Stelle im untern Drittel der Wurzel.

Fig. 6. Interglobularräume an der Grenze zwischen Cement und Zahnsubstanz. Das Präparat ist aus einem nicht näher bestimmten Thierzahne gemacht.

Fig. 7. Querschnitt eines Mahlzahnes vom Pferde. Eine Stelle, wo Cement und Schmelz unmittelbar aneinander stossen.

VI.

Ein Verfahren, den Lufteintritt bei der Paracentese der Brust zu verhindern.

[»Prager Vierteljahrschr.« 1851, Bd. XXXI. S. 27, — und 1852, Bd. XXXV. S. 93.]

1.

Da die Operation der Paracentese der Brust, wenn auch nicht gerade häufig, doch dann und wann ausgeführt und für indicirt gehalten wird; so muss es im Interesse der Praktiker, welche auf die bestmögliche Weise operiren wollen, liegen, jeden Vorschlag zur Verbesserung des Verfahrens, wenn er Berücksichtigung verdient, zu erproben und in praxi zu verwerthen. Dieses Interesse nehme ich für die nachfolgenden Zeilen in Anspruch und unterwerfe deren Inhalt dem Urtheile der Fachmänner.

Die Paracentese der Brust, welche bekanntlich entweder mit dem Messer oder, wie dies jetzt wohl gewöhnlich geschieht, mit dem Troicart vollzogen wird, ist zwar an sich eine der einfachsten Operationen, aber nichts desto weniger durch die Dignität des Körpertheiles, an dem operirt wird und durch mehrere Umstände von Gewicht. — So ist die Nähe so ansehnlicher Blutgefässe und unmittelbarer Abkömmlinge der Aorta, wie der *Artt. intercostales* immerhin bedenklich und liegt eine Verwundung der Lunge selbst aus mehr als einem Grunde im Bereiche der Möglichkeit. Ueberdies muss man bei der Paracentese stets gewärtigen, dass die atmosphärische Luft in die geöffnete Pleurahöhle eindringt, wenn nicht besondere Vorkehrungen getroffen werden. Ob der von Vielen sehr gefürchtete Lufteintritt in der That so gefährlich, ob die Verhinderung desselben auf der anderen Seite so wesentlich für den Erfolg der Operation sei, kann ich nicht entscheiden; so viel steht aber fest, dass es unter allen Umständen natürlicher und besser erscheint, wenn die Luft abgehalten wird. Es sind demnach

die verschiedenen, mehr oder weniger entsprechenden Vorrichtungen den Eintritt der Luft zu verhindern, nicht zu übersehen, sondern vielmehr, falls es Noth thut, zu verbessern und möglichst zweckdienlich herzustellen. Im Nachfolgenden bringe ich eine neue Vorrichtung der Art, welche höchst einfach ist und mehrere Vortheile darbieten dürfte, in Vorschlag.

Vorher einige Bemerken über die älteren Methoden und über die Bedingungen des Eintrittes der Luft in die geöffnete Brusthöhle.

Bei unverletzten Thoraxwandungen und unter normalen Verhältnissen liegt die Lunge unmittelbar an der inneren Fläche der Brustwand und an der oberen Fläche des Zwerchfells an; die *Pleura costalis* und *pulmonalis* sind in unmittelbarer Berührung und entfernen sich niemals von einander, sondern verschieben sich während der Athmungsbewegungen blos an einander. Der Luftdruck erhält die Lunge stets in einer der Capacität der Brusthöhle entsprechenden Ausdehnung. In dem Maasse, als sich der Thorax erweitert, wird die Lunge durch die eindringende Luft aufgebläht; in dem Maasse, als sich der Thorax verengert, collabirt die Lunge und treibt die Luft wieder aus. Das erstere, weil der leere Raum, welcher zwischen den Pleuraplatten entstehen würde, bei unverletzten Thoraxwandungen nur auf dem Wege — nämlich durch die ausdehnbaren Lungen erfüllt werden kann; das letztere weil die Lunge mechanisch comprimirt wird und zugleich der Aeusserung ihrer Elasticität und Contractilität (?) nichts im Wege steht. — Wenn die Thoraxwandungen und der Pleurasack hingegen an irgend einer der Luft zugänglichen Stelle durchbohrt sind, so hat die Luft zwei Wege die Entstehung eines leeren Raumes in der Brusthöhle zu verhindern und muss beide benützen, weil der Druck ein allseitiger ist. Der eine Weg ist die nachgiebige, ausdehnbare Lunge, der andere eben die gesetzte Oeffnung — in unserem Falle die durch den Troicart hervorgebrachte Stichwunde. Je nachdem der eine oder der andere Weg bequemer ist und weniger Widerstand entgegensetzt, dringt die Luft auf dem einen oder dem anderen in grösserer Menge ein. Die Entstehung eines Pneumothorax im Allgemeinen, mag er nun durch eine Verletzung der Lunge und der *Pleura pulmonalis* oder eine Durchbohrung der Brustwand in ihrer ganzen Dicke, veranlasst sein, erklärt sich somit aus dem Mechanismus des Athmens von selbst und beruht auf — dem *horror vacui*. Die Gefahr und Grösse des Lufteintrittes wächst mit der Grösse und Beschaffenheit der Verwundung, mit der Grösse der Athmungsbewegungen und mit der geringeren Ausdehnbarkeit der Lunge.

Im Beginne der Operation der Paracentese, wo das in bedeuten-

der Menge angesammelte pleuritische Exsudat die Lunge comprimirt und die betreffende Thoraxhälfte über die Maassen ausdehnt, ist der Eintritt von Luft nicht zu befürchten, weil die Athmungsbewegungen entweder noch ganz mangeln oder doch verschwindend klein sind. Demgemäss sieht man auch das zuerst ausfliessende Exsudat im Bogen aus der Röhre des Troicart's hervorspritzen, und bemerkt kaum ein leises, mit den Athmungsbewegungen des Kranken synchronisches An- und Abschwellen des Strahles, welches auf eine rhythmische Veränderung der das Exsudat hervortreibenden Druckkraft schliessen lässt. — Im weiteren Verlaufe nimmt jedoch die Gefahr in dem Maasse zu, als die Brusthöhle vom Exsudat entleert wird, als die Beweglichkeit des Brustkorbes zunimmt und die Lunge, in Folge der längeren oder kürzeren Compression, durch das Exsudat sich weniger rasch und genügend auszudehnen im Stande ist. Das anfänglich ganz gleichmässig und im Bogen hervorspritzende Exsudat, beginnt nach und nach abwechselnd, bald stärker bald schwächer abzufliessen. Gegen das Ende der Operation, wenn die oben erörterten Bedingungen des Lufteintrittes gesetzt werden, ist dieses Ereigniss unausbleiblich — sobald keine Vorkehrungen getroffen sind. Man kann dann das blasende Geräusch der einströmenden Luft deutlich hören. Ueberdies sind zu dieser Zeit Hustenanfälle, wahrscheinlich hervorgerufen durch den entwöhnten, reizenden Contact der atmosphärischen Luft mit dem lange comprimirt gewesenen Lungengewebe, eine gewöhnliche Erscheinung und begünstigen natürlicher Weise die Entstehung eines Pneumothorax.

Die Luft kann während der Operation oder auch nach der Entfernung der Troicartröhre, durch die entstandene Wunde eindringen; man muss daher für einen gutschliessenden Verband (Collodium?) sorgen und bei der Entfernung des Troicarts darauf achten, dass sich die Wundlippen augenblicklich schliessen, was am besten dadurch erreicht wird, wenn man die Haut beim Herausziehen der Röhre gegen dieselbe mit den Fingern der anderen Hand andrückt. Die Haut vor dem Einstich zu verschieben, damit sie sich hernach selbst über die innere Oeffnung herüberlege, scheint ganz passend zu sein, eben so die Anwendung eines platten Troicarts statt eines runden.

Während die Troicartröhre noch in der Wunde steckt, kann die Luft möglicher Weise auf zwei verschiedenen Wegen eindringen, nämlich entweder durch die Röhre oder zwischen der Röhre und den Wundlippen. Das letztere darf für gewöhnlich wohl nicht befürchtet werden, ist jedoch unter Umständen — namentlich wenn die Röhre unwegsam wäre und heftige Respirationsbewegungen eintreten

— nicht undenkbar. Man könnte sich dagegen durch das Andrücken der Wundlippen gegen die Troicartröhre sicherstellen.

Was den anderen Weg, nämlich den durch die Röhre, betrifft, so war man auf verschiedene Weise bemüht, denselben der Luft zu verlegen; doch scheint keine der Vorrichtungen oder Vorkehrungen in allen Beziehungen ganz zu entsprechen. Ich lasse die Beschreibung der verschiedenen Methoden, welche mir bekannt geworden sind, folgen.

1. Man setzt den Kranken in ein Bad und verrichtet die ganze Operation unter Wasser. Es ist begreiflich und gewiss, dass unter diesen Umständen die Luft unmöglich in die Brusthöhle eindringen kann; allein ebenso begreiflich und gewiss ist es, dass nun statt der Luft das umgebende Wasser eindringen wird. *Incidit in Scyllam, qui vult vitare Charybdim!*

2. Nachdem der Troicart eingestochen und sein Stachel entfernt ist, wird eine dünnwandige, durch Zusammendrücken sorgfältig luftleer gemachte Blase, welche an ihrer Mündung einen metallenen Ansatz mit einer Schraubenmutter trägt, an die Abflussöffnung der Troicartröhre angeschraubt. Das ausfliessende Exsudat sammelt sich in der Blase an und dehnt sie aus. Statt der Luft wird somit, wenn die Bedingungen dazu vorhanden sind, eine entsprechende Menge des schon ausgeflossenen und in der zusammendrückbaren Blase enthaltenen Exsudates in die Brusthöhle regurgitiren. — Diese Methode erscheint sehr plausibel und gehört in der That zu den besseren. Einige Schwierigkeiten sind aber dennoch dabei. Zunächst lässt sich die Grösse der Blase nicht mit Sicherheit im Vorhinein angeben. Ist die Blase zu klein, so kann nicht alles Exsudat auf einmal abfliessen; man wäre genöthigt die Blase abzuschrauben, zu entleeren und neuerdings anzuschrauben, in der Zwischenzeit aber die Röhre mit einem Hahn abzusperren. Ist die Blase zu gross, so treten andere Unbequemlichkeiten oder Nachtheile ein, auf welche ich später zurückkomme. Uebrigens lässt sich die Luft nicht ganz leicht aus der Blase vollständig herausdrücken und beim Befestigen an den Troicart hintanhalten. Auch ist es schwer zu beurtheilen, wann kein Exsudat mehr abläuft und die Zeit gekommen ist, die Operation zu beendigen. Freilich kann man entgegnen, dass es auf ein Minimum von Luft, welches vielleicht eindringt und auf einige Tropfen Exsudat mehr, welche allenfalls zurückbleiben, wenn die Operation zu früh abgebrochen wurde, wohl nicht ankomme. Zugegeben! Aber warum soll man, wenn es auf die einfachste Art möglich ist, nicht auch diese Unvollkommenheiten im Verfahren beseitigen?

3. Man bindet in das untere Ende des Troicarts, knapp oberhalb der Abflussöffnung, welche zu dem Ende einen etwas aufgeworfenen Rand oder sonst einen Widerhalt hat, ein Stück Goldschlägerhäutchen in Form einer weiten Röhre fest. Bevor man operirt, erweicht man das Goldschlägerhäutchen in Wasser und streift es hinauf, damit man den Stachel des Troicarts ungehindert ein- und ausführen kann. Ist der Einstich gemacht und der Stachel entfernt, so streift man das Goldschlägerhäutchen wieder herab und lässt das ausfliessende Exsudat zwischen den Falten desselben sich einen Weg suchen. Wollte nun schliesslich, wenn der Strom zu intermittiren beginnt, Luft eintreten, so kann dies deshalb nicht geschehen, weil sich die Luft selbst den Weg versperrt, indem sie ihr Bestreben einzudringen, als allseitigen Druck äussert und demgemäss die feuchten, nachgiebigen Blätter des Goldschlägerhäutchens von aussen her luftdicht gegen einander presst. — Man sieht leicht, worauf es hierbei ankommt. Es ist einerlei, wie das Stück Goldschlägerhäutchen geformt ist, ob es eine wirkliche Röhre bildet oder blos ein zusammengerolltes Blatt ist, — wenn es nur den Lufteintritt auf die angegebene Weise verhindern kann. Ich sah eine solche Vorrichtung bei Herrn Luer, chir. Instrumentenmacher in Paris und glaube, dass dieselbe von einem dortigen Chirurgen angegeben worden ist.

4. Der bekannte Troicart von Schuh besteht aus zwei Theilen; einem gewöhnlichen Troicart und einem kleinen metallenen Trog, welcher an den ersteren befestigt werden kann. Der Ansatz, mit dem der Trog in die Abflussöffnung des Troicarts passt, ist mit einer Klappe versehen, welche sich in den Trog hinein öffnet, in entgegengesetzter Richtung jedoch schliesst und die Troicartröhre absperrt. Das Exsudat strömt somit ungehindert aus der Röhre in den Trog und aus diesem, wenn er voll ist, in ein untergehaltenes Gefäss. Hingegen kann aus dem Trog nur sehr wenig in die Röhre zurückfliessen, weil sich die erwähnte Klappe alsbald schliesst und in dieser Richtung nichts mehr passiren lässt. — Es ist einleuchtend, wie durch diese Vorrichtung der Lufteintritt unmöglich gemacht wird. Wesentlich ist hierbei, dass sich die Klappe unter dem Niveau der im Troge stehenden Flüssigkeit befindet, damit die Luft nicht während der Zeit, welche die Klappe bis zu ihrer völligen Schliessung braucht, eindringen könne, sondern diese vor sich hertreiben muss. Dem Troge muss während der Operation eine horizontale Lage gegeben werden; auch muss dafür Sorge getragen werden, dass die Flüssigkeit, welche in demselben angesammelt ist, nicht verschüttet wird, weil ihr Vorhandensein, wie wir sahen, von Wichtigkeit ist.

5. Hr. Prof. Bruns in Tübingen zeigte mir einen von ihm angegebenen Troicart, welcher eine Verbesserung des Schuh'schen ist. Die Gefahr, den Trog zu verschütten, fällt bei der Bruns'schen Einrichtung weg, indem der offene Trog von Schuh in einen kleinen hohlen Cylinder umgeändert ist, in welchen an beiden Enden Oeffnungen gemacht sind. Die dem Troicart zugewendete Oeffnung ist auf dieselbe Weise, wie die Oeffnung des Schuh'schen Troges durch eine Klappe verschliessbar, die entgegengesetzte Oeffnung mündet frei.

Werfen wir einen vergleichenden Blick auf die mitgetheilten Methoden, so wird es uns nicht entgehen, dass sie je nach dem wesentlichen, hauptsächlichen Gedanken, der ihnen zu Grunde liegt, in zwei Classen zerfallen. Die eine Classe von Methoden, zu der die unter 1 und 2 beschriebenen gehören, will die bezweckte Verhinderung des Luftzutritts dadurch erreichen, dass zwischen der atmosphärischen Luft und der angebohrten Brusthöhle ein genügendes Quantum Flüssigkeit eingeschaltet wird, welche der Luft den Weg verlegt. Ein entsprechender Theil dieser Flüssigkeit wird, wenn die Bedingungen gesetzt sind, durch den Luftdruck in die Brusthöhle hineingetrieben, die Luft selbst aber kann nicht eindringen.

Die andere Classe, welche die übrigen Methoden begreift, ist dadurch charakterisirt, dass die angewendeten Apparate, die sich noch vielfach zweckmässig abändern liessen, Klappenvorrichtungen enthalten, welche jede ausgedehnte, rückgängige Bewegung in der Troicartröhre verhindern und somit auch der Luft den Eingang verschliessen. — Es dürfte sich kaum eine neue praktische Methode ersinnen lassen, welche sich nicht unter eine von beiden oder beide Classen zugleich rangiren liesse, denn es ist klar, dass man eine Röhre nur dadurch für einen Körper, welcher in dieselbe einzudringen gezwungen wird, unzugänglich machen kann, wenn man sie mit einem zweiten Körper, mag er nun flüssig oder fest sein verschliesst. Eine Flüssigkeitssäule kann unter Umständen eben so gut eine Klappe abgeben, als ein Stück Metall, Leder oder sonst ein fester Körper.

Es ist nun die Frage, welche von beiden Arten von Apparaten, die mit flüssigem oder die mit festem Ventil, *caeteris paribus*, für unseren Fall vorzuziehen sind. Ohne Zweifel können beide Arten von Ventilen, zweckmässig angewandt, die Luft abhalten; allein jede thut es auf eine besondere, ihr eigenthümliche Weise und es kommt darauf an, diese Verschiedenheit für unseren Zweck zu verwerthen. — Das feste Ventil ist starr, unnachgiebig und sperrt gewaltsam, plötzlich ab; die Flüssigkeitssäule als Klappe hingegen ist beweglich, nachgiebig und in ihrer Wirkung sanft, allmählich. Halten wir mit dieser

Charakteristik die oben erörterten Bedingungen des Lufteintritts zusammen, nämlich die Vermehrung des Raumes in der Brusthöhle und die Nothwendigkeit der Ausfüllung dieses Plus, so ergiebt sich Folgendes.

Das feste Ventil thut der Lunge Gewalt an, das flüssige nicht. Das feste Ventil accommodirt sich nicht dem Grade der Ausdehnbarkeit der Lunge, das flüssige vollkommen. Mit dem festen Ventil kann die Entleerung der Brusthöhle von Exsudat leicht über das geforderte Mittel hinausgetrieben werden, mit dem flüssigen niemals. Der Lunge soll aber keine Gewalt angethan werden, die Entleerung des Pleurasackes soll blos so weit gehen als es die Ausdehnbarkeit der Lunge gestattet, weil sonst ein Spannungszustand eintritt, der nur geeignet ist, neue Exsudatmassen zu setzen, und das Blut, ähnlich wie durch einen Schröpfkopf gezwungen wird, sich in den Gefässen der Pleura anzuhäufen und anzustauen. — Nimmt man Alles zusammen und erwägt es im Einzelnen, so scheint das Votum gerechtfertigt, dass das flüssige Ventil für die Verschliessung der Troicartröhre bei der Paracentese, dem festen Ventil vorzuziehen sei. Die beiden bisher angegebenen Methoden, bei welchen der Verschluss durch eine Flüssigkeitssäule bewerkstelligt wird, entsprechen aber dem Zwecke nicht vollständig. Die unter 1 beschriebene ist geradezu verwerflich; gegen die andern lässt sich nebst dem Angeführten noch das bemerken, dass in dem Falle als die Blase noch nicht völlig mit Flüssigkeit gefüllt oder dieselbe überhaupt relativ zu gross ist, leicht dasselbe eintreten kann, was bei der Vorrichtung mit dem Goldschlägerhäutchen herbeigeführt wird, nämlich ein unnachgiebiger Verschluss durch Zusammendrückung des unangefüllten Theiles der Blase. Die Vortheile des flüssigen Ventils würden somit unter diesen Umständen wegfallen. Es ist die Aufgabe somit noch nicht gelöst, einen Troicart mit flüssigem Ventil anzugeben, welcher nicht nur alle durch diese Art des Verschlussmittels gebotenen Vortheile besitzt, sondern dessen Wirkung auch sicher und unfehlbar, dessen Anwendung leicht und ohne Umstände, und dessen Einrichtung einfach und wohlfeil ist.

Das Instrument, welches ich aus diesen Gesichtspunkten in Vorschlag bringe, besteht aus einem gewöhnlichen Troicart und einer nicht allzu dünnen, elastischen Röhre von beiläufig 6 bis 8 Zoll Länge. Die elastische Röhre hat an einem Ende einen kleinen Metallansatz, welcher luftdicht in der Abflussöffnung des Troicarts befestigt werden kann, das andere Ende mündet frei. Aus welchem Stoffe die Röhre gemacht ist, ist ganz einerlei, wenn sie nur durch die Beschaffenheit ihrer inneren Oberfläche dem Hindurchfliessen von Flüssigkeiten kein Hinderniss in den Weg legt und biegsam und elastisch genug ist, damit ihr Lumen

immer wegsam bleibe. — Die Gebrauchsanweisung dieser einfachen Vorrichtung ist Folgende: Nachdem der Troicart an der passenden Stelle eingestochen und der Stachel entfernt ist, wird die elastische Röhre durch ihren Ansatz an der Abflussöffnung luftdicht befestigt. Da, wie sich aus den früheren Betrachtungen ergeben hat, das Exsudat anfangs im continuirlichen Strahle hervorspringt, so hat man Zeit genug die elastische Röhre anzustecken, ohne schon den Eintritt von Luft befürchten zu müssen. Während die Röhre im Troicart befestigt wird, hält man dieselbe gerade gestreckt und etwas nach aufwärts geneigt, damit das ausströmende Exsudat alle darin enthaltene Luft leicht austreiben kann. Erscheint das Exsudat an der freien Mündung und beginnt es daselbst abzufliessen, so biegt man die elastische Röhre auf den Boden des Gefässes herab, welches zur Aufnahme des entleerten Exsudats bestimmt ist, und sorgt dafür, dass sie in dieser Lage erhalten werde und dass die Abflussöffnung durch die sich ansammelnde Flüssigkeit stets bedeckt bleibe. Das Niveau der Flüssigkeit in dem Gefässe muss wo möglich tiefer stehen als die paracentesirte Brust, was man durch eine nach dieser Seite geneigte Stellung des Kranken sehr gut erreichen kann. — Bemerkt man, dass die Flüssigkeit in dem untergehaltenen Gefässe nicht mehr höher steigt, so ist dies der Beweis, dass nichts mehr ausfliesst und daher so viel entleert worden ist, als nach Maassgabe der Ausdehnbarkeit der Lunge entleert werden konnte und sollte. Die Operation ist beendet und man hat nur noch den Troicart sammt seiner Röhre zu entfernen und einen passenden Verband anzulegen.

Auf welche Weise durch diese Vorrichtung die atmosphärische Luft abgehalten wird, ist ganz einleuchtend. Es müsste nämlich — ehe die Luft eindringen könnte — die g a n z e schon entleerte Exsudatmasse in der Brusthöhle wieder zurückgefüllt werden, weil sie der Luft den Weg verlegt und sich die Abflussöffnung der elastischen Röhre am Grunde des Gefässes und ganz tief unter dem Niveau der Flüssigkeit befindet. Dass aber die ganze Exsudatmasse zurückgestauet würde, ist, wie sich von selbst versteht, unmöglich — daher auch der Eintritt der atmosphärischen Luft in den paracentesirten Raum. Was das Ausfliessen des Exsudats betrifft, so ist dies durch diese Vorrichtung durchaus nicht erschwert, sondern eher noch erleichtert, weil der Troicart mit seiner elastischen Röhre heberförmig gebogen ist und das auffangende Gefäss tiefer stehet als die Brust. Diese Vorrichtung wirkt wesentlich wie ein Heber — obschon unter besonderen Verhältnissen, denen allen Rechnung getragen werden muss.

In wie weit es durch das beschriebene Instrument gelungen ist, die

Aufgabe zu lösen und den gestellten Anforderungen zu genügen, muss die Erfahrung entscheiden.

2.

Im 31. Bande dieser Zeitschrift habe ich ein Verfahren beim Bruststich angegeben, welches manche Vortheile versprach. Wenn ich gegenwärtig noch einmal auf diesen Gegenstand zurückkomme, so geschieht dies theils, weil seither auf der Klinik des Herrn Prof Hamernik zwei Paracentesen mit dem von mir beschriebenen Troicart gemacht wurden, deren Ergebniss den gehegten Erwartungen vollkommen entsprach, theils, weil das Princip, nach welchem das Instrument gebaut ist, eine allgemeinere Anwendung in der operativen Chirurgie gestattet. Im Folgenden werde ich zunächst die bezüglich jener Operationsmethode gewonnenen Erfahrungen mittheilen und dann Einiges über die Brauchbarkeit biegsamer Röhren zur Entleerung von Flüssigkeiten, die sich an verschiedenen Orten im Körper ansammeln können und unter Umständen einen operativen Eingriff nothwendig machen, anmerken.

Die erste Paracentese wurde an Wedel Anton (66 Jahre alt, Seilermeister in Prag) den 30. Juni 1851 ausgeführt. Aus der Krankengeschichte hebe ich nur Folgendes hervor, wonach man den Zustand des Patienten unmittelbar vor der Paracentese beurtheilen kann:

Patient ist seit 8 Wochen bettlägerig; sein Körper abgemagert; die unteren Extremitäten hydropisch; die rechte Thoraxhälfte ganz unbeweglich, der Percussionston schon am linken Sternalrande kurz, ebenso rechts in der obersten Bauchpartie bis in die Magengegend; Herzstoss zwischen der 6. und 7. Rippe, etwa einen Zoll von der Achsellinie entfernt; Puls 76. Dispnoë; Körpergewicht 115 Pfund. — Durch die Paracentese wurde das in der rechten Thoraxhälfte befindliche Exsudat entleert. Es war eine albumenhaltige, gelblich gefärbte, klare Flüssigkeit und wog 5 Pfund. Nach vollendeter Operation ergab die physikalische Untersuchung, dass die Verhältnisse des Thorax zum Normalen nahezu zurückgekehrt waren. Das verdrängte Diaphragma war um $2^1/_2$ Zoll gestiegen; der Herzstoss zeigte sich zwischen der 5. und 6. Rippe, und einen Zoll näher dem Sternalrande; das Athmen war sehr erleichtert; das Körpergewicht betrug 110 Pfund. Den 18. Juli wurde Patient geheilt entlassen. — Die täglich wiederholten Wägungen, welche auf der Klinik des Herrn Prof. Hamernik mit anerkennenswerther Ausdauer bei fast allen Patienten vorgenommen werden, zeigten, dass das Körpergewicht des Paracentesirten im fortwährenden Abnehmen begriffen war, und am 9. Juli nur 98 Pfund betrug, dann aber wieder zuzunehmen begann.

Am 6. October 1851 wurde die Missel Marie, Taglöhnerin, welche am 14. April in das Krankenhaus aufgenommen worden war, auf die zweite med. Klinik gebracht.

Die Patientin, über 50 Jahre alt, sehr herabgekommen und schwach, hatte während der letzten Wochen ein nicht unbedeutendes pleuritisches Exsudat in der linken Thoraxhälfte bekommen. Um der grossen Athemnoth zu steuern, wurde die Paracentese der betreffenden Brusthälfte angeordnet, und am 7. October durch Herrn Prof. PITHA vollführt. Das Einstossen des Troicarts hatte einige Schwierigkeit, weil die Intercostalräume sehr eng waren. Das entleerte Exsudat reagirte alkalisch, enthielt viel Albumen und Blut, und wog an 2 Pfund. Die physikalischen Verhältnisse der linken Brusthälfte wurden durch die Paracentese wesentlich gebessert, auch schlief die Patientin mehrere Nächte gut, und fühlte sich überhaupt erleichtert. Das Oedem der unteren Extremitäten, welches sich vor längerer Zeit gebildet hatte, war schon am 9. October verschwunden. Vom 11. October an verschlechterte sich jedoch der Zustand. Am 22. October um $11\frac{1}{2}$ Uhr Mittags trat der Tod ein.

Man war über die ungünstige Prognose dieses Falles von vorn herein nicht im Zweifel, und die Paracentese wurde nur aus dem oben angeführten Grunde für indicirt gehalten. Die Erleichterung der Athembewegungen war auch alsbald eingetreten, doch war die Erkrankung zu tief, um hoffen zu lassen, auf irgend einem Wege eine dauernde Besserung zu erzielen. Aus dem Sectionsbefunde wurde mir mitgetheilt, dass in der Leber, dem Zwerchfell, dem Pericardium, der Pleura, den Nieren und in den Eierstöcken Krebsknoten vorhanden waren; auch das Pankreas zeigte sich krebsig entartet.

Das von mir angegebene Operationsverfahren hat sich hiemit praktisch bewährt. Die Paracentese ging in beiden Fällen rasch und sicher von Statten, die Entleerung des Exsudates erfolgte ruhig, und ohne die geringste Gefahr des gefürchteten Lufteintrittes in die geöffnete Pleurahöhle. Ueber den Erfolg des Bruststiches überhaupt kann freilich noch kein erfahrungsgemässes Urtheil abgegeben werden, allein das gewonnene Resultat dürfte insofern von Bedeutung sein, als es vor weiteren Versuchen nicht nur nicht abschreckt, sondern bei der Einfachheit und Sicherheit des Operationsverfahrens zur Wiederholung desselben einladet. Ich theile desshalb eine kurze Beschreibung der in beiden Fällen befolgten Methode mit, und verweise zugleich auf das a. a. O. über die Bedingungen des Lufteintrittes etc. Gesagte [1].

[1] Durch meinen geehrten Collegen Herrn Dr. v. HASNER wurde ich, nachdem der citirte Aufsatz, welchen ich im Januar 1851 niederschrieb, schon lange

Nachdem die passende Stelle für den Einstich gefunden war, wurde ein gewöhnlicher, mit einem Hahn versehener Troicart daselbst eingestossen, der Stachel entfernt, und der Hahn geschlossen. Hier-

gedruckt war, mit der Vorrichtung von HIGGINSON bekannt gemacht, welche ich bis dahin völlig übersehen hatte, und daher a. a. O. nicht mehr besprechen konnte. Ich erlaube mir, das Versäumte hier nachzuholen. Dr. G. F. EASTON hat HIGGINSON's Instrument zuerst angewendet und bewährt gefunden. Seine eigenen Worte über das angewendete Operationsverfahren sind folgende:

. . . . »*The entrance of air into the chest was effectually prevented by the use of an apparatus suggested by Mr. Higginson, which, on account of its simple construction, its easy management, and its complete efficacy in this instance, I can recommend for employment on similar occasions, in preference to others of a more costly and complicated nature. It is simply a tube about a yard long, made of vulcanized india rubber, which being filled with water, and one of its extremities placed over the mouth of the canula, acts on the principle of a syphon. If it is properly adjusted, and the other extremity immersed in the fluid, air cannot by any possibility gain admission into the chest. The stream was free, uniform, and continuous, unaffected by the respiratory movements. To the middle of the tube was adapted an india rubber bottle, which in this operation does not appear to be essential to success, when the fluid is moderately thin. When emptied by pressure, and then allowed to expand, it may be advantageously employed to clear the tube, if the passage happens to be obstructed by lymph or coagulum, or other small badies of a soft and yielding nature, or to wash out the water, or any of the lotions, which have been recommended for the purpose. And these seem to be the chief, if not the only advantageous uses to which it can be applied.*« (London Gazette. April 1850).

Das von mir angegebene Verfahren beruht, wie man sieht, wesentlich auf demselben Princip, wie das von Hr. HIGGINSON, welcher demnach das unbestrittene Verdienst hat, zuerst die Absperrung der geöffneten Pleurahöhle durch eine Flüssigkeitssäule bewerkstelligt und die Entleerung des Exsudates durch die heberförmige Krümmung der Abflussröhre erleichtert zu haben. Nichts destoweniger unterscheidet sich mein Verfahren von dem HIGGINSON's, und ich darf — obschon ich unabhängig von Hr. HIGGINSON zu Anfang des Jahres 1850 auf dasselbe Princip verfiel — jedenfalls Anspruch darauf machen, sein Verfahren, ohne dasselbe zu kennen, vereinfacht und, wie ich glaube, verbessert zu haben. HIGGINSON füllt seine Kautschukröhre mit Wasser an, um die darin enthaltene Luft zu verdrängen, während nach meiner Angabe das Anfangs mächtig hervorströmende Exsudat selbst die gerade gestreckte und etwas nach aufwärts gerichtete elastische Abflussröhre von der atmosphärischen Luft säubert, und, nachdem die Röhre auf den Grund des leeren zum Auffangen des Exsudates bestimmten Glases herabgebogen ist, die Abflussöffnung derselben ohne Beihilfe einer anderen Flüssigkeit deckt. HIGGINSON's Verfahren ist jedenfalls umständlicher, ohne dafür einen besonderen Vortheil darzubieten; ja die Vermischung des abgeflossenen Exsudates mit dem vorgeschlagenen Wasser könnte unter Umständen sogar nachtheilig werden. Was die in der Hälfte der Kautschukröhre einmündende Kautschukflasche betrifft, so halte ich dieselbe mit EASTON für überflüssig, umsomehr, als der Zweck, welcher durch sie erreicht werden soll — wie ich weiter unten zeigen werde — auch auf andere Weise zu erreichen ist.

auf befestigten wir eine etwa 12 Zoll lange und $2^1/_2$ Linien weite Röhre von Gutta-Percha, welche vorher ausgesucht und passend befunden worden war, luftdicht an das freie Ende der Canüle. In unserem Falle war die Gutta-Percha-Röhre gerade weit genug, um das Ende der Canüle ohne Schwierigkeit in sich aufzunehmen, und zugleich fest und luftdicht zu umschliessen. Nun wurde die elastische Röhre, welche durch ihre Befestigung eine unmittelbare Verlängerung des Troicarts darstellte, gerade gestreckt, etwas nach aufwärts gerichtet, und der Hahn geöffnet. Bei der schrägen Richtung des Instrumentes nach Oben trieb das kräftig hervorspringende Exsudat alle innerhalb der Röhre enthaltene atmosphärische Luft mit Leichtigkeit aus, und begann aus der freien Oeffnung abzufliessen. Sofort bogen wir die elastische Röhre auf dem Boden eines leeren Trinkglases, welches in einem anderen, grösseren, ebenfalls leeren Gefässe und tiefer als die paracentesirte Brusthälfte stand, langsam herab, und sorgten dafür, die Abflussöffnung auf dem Grunde des Glases zu erhalten. Durch das sich ansammelnde Exsudat, welches zusehends stieg, und endlich in das grössere Gefäss überlief, wurde die angebohrte Pleurahöhle vollkommen und sicher von der Atmosphäre abgesperrt. Der Eintritt der Luft in den sich entleerenden Raum war unmöglich. Das Exsudat floss ruhig und gleichmässig ab, und selbst gegen das Ende der Operation zeigten sich keine merklichen mit den Athmungsbewegungen synchronischen Niveauschwankungen im Glase. Bei sehr tiefen Inspirationen, welche wir den Patienten machen liessen, sahen wir jedoch die Flüssigkeit im Glase sehr deutlich fallen, bei heftigen, namentlich stossweisen Exspirationen ebenso deutlich wieder steigen. Diese Beobachtung ist von allgemeinerem Interesse und bestätigt meine Darstellung der Bedingungen des Lufteintrittes in die geöffnete Pleurahöhle. Nachdem wir uns überzeugt hatten, dass kein Exsudat mehr ausfliesse, wurde der Hahn geschlossen, das Instrument entfernt, und der Verband mit den gewöhnlichen Vorsichtsmaassregeln angelegt. Es konnte nicht bezweifelt werden, dass gerade soviel Exsudat entleert worden war, als sich nach der der Lunge gebliebenen Ausdehnbarkeit, den räumlichen Verhältnissen des Thorax etc. für den Augenblick ohne Gewalt entleeren liess.

Vergegenwärtigt man sich die eigenthümlichen physikalischen Verhältnisse, welche die beschriebene Vorrichtung setzt, so wird man bei einiger Bekanntschaft mit den Principien der Hydrodynamik ohne Schwierigkeit finden, dass durch dieselbe die Entleerung des Exsudates wesentlich begünstigt und erleichtert werde. Das Niveau der entleerten Flüssigkeit, unter welcher die Abflussöffnung der elastischen

Ansatzröhre von Kautschuk oder Gutta-Percha sich befindet, steht nämlich tiefer als die paracentesirte Brusthälfte; unter übrigens gleichen Umständen hängt aber bekanntlich die in einer gegebenen Zeit ablaufende Menge Flüssigkeit von der Grösse der Druckhöhe ab, d. h. von der Grösse des verticalen Abstandes zwischen der Abflussöffnung und der Oberfläche der zu entleerenden Flüssigkeit (vergl. J. MÜLLER's Lehrb. der Phys. und Meteorolog. 3. Aufl. Bd. I, S. 232): also muss auch, *caeteris paribus*, durch die lange elastische Ansatzröhre, welche tief unter den Einstich und dem höchsten Stande des Exsudates im Thorax mündet, mehr Exsudat abfliessen, als durch die Mündung der einfachen Canüle ohne Ansatzrohr, weil dieselbe in der Höhe der Operationswunde steht; hierzu kommt noch, dass abgesehen von diesem durch das Instrument gesetzten Verhältnisse alle anderen die Entleerung des Exsudates bedingenden und begünstigenden Momente nicht minder in Wirksamkeit treten.

Uebrigens hat das Instrument alle Eigenschaften eines zweischenkligen Hebers und könnte aus diesem Grunde Heber-Troicart genannt werden. Die elastische Röhre entspricht dem längeren, die Canüle dem kürzeren Schenkel; der Luftdruck, welcher auf die, in beiden Schenkeln des Hebers eingeschlossene Flüssigkeit einwirkt, und an der Heberwirkung nur den Antheil hat, die Entstehung eines leeren Raumes in der Heberröhre zu verhüten, wirkt auch auf beide Schenkel unseres Instrumentes — obschon auf der einen Seite nicht unmittelbar. Das in der Pleurahöhle enthaltene Exsudat ist nämlich einerseits von der Lunge, andererseits von der Thoraxwand und dem Zwerchfell begrenzt und eingeschlossen, es kann somit die Luft nur durch die beweglichen Begrenzungen der Pleurahöhle hindurch, d. h. nur mittelbar auf das zu entleerende Exsudat drücken. Wird die Canüle in der Einstichsöffnung genau horizontal gehalten oder schräg nach aufwärts gerichtet, so fällt natürlich die volle Uebereinstimmung mit dem zweischenkligen Heber weg, obschon alle Consequenzen aus dem torricellischen Theorem, wie oben gezeigt wurde, nichts destoweniger auch unter diesen Umständen ihre Anwendung finden, gerade so wie auf einen Heber, dessen kürzerer Schenkel unendlich klein gedacht wird.

Ich habe schon früher (a. a. O. S. 35) darauf hingewiesen, dass hier verwickeltere Verhältnisse obwalten, als bei dem gewöhnlichen Heber. Alle diese Verhältnisse muss man wohl berücksichtigen und in Anschlag bringen; einige derselben stehen der Heberkraft des Instrumentes entgegen, oder halten ihr mehr oder weniger genau das Gleichgewicht, andere hingegen wirken in gleichem Sinne — unter allen

Umständen bleibt aber dennoch die Heberkraft des Instrumentes ein stets wirksames Moment, — selbst dann, wenn sie völlig überwunden wird, indem jede der Componenten ihren bestimmten maassgebenden Antheil an der Resultirenden hat. Je grösser der verticale Abstand zwischen dem Niveau des entleerten, und des im Thorax eingeschlossenen Exsudates ist, desto grösser ist auch die Druckhöhe der in der elastischen Röhre eingeschlossenen Flüssigkeitssäule und *ceteris paribus* die Heberkraft des Instrumentes. Wird das zum Auffangen des Abgeflossenen bestimmte Gefäss gehoben, so dass sich der verticale Abstand desselben vom Thorax vermindert, so wird die Druckhöhe und das hydrodynamische Moment gleichfalls geringer. Würde man fortfahren das auffangende Gefäss in der angegebenen Weise zu erheben, so würde man zunächst an eine Linie kommen, wo die Druckhöhe = 0 wird (die Vorrichtung würde unter diesen Umständen das Abfliessen ebenso wenig begünstigen wie ein Heber, dessen Abflussöffnung nicht tiefer stände als das Niveau der zu entleerenden Flüssigkeit), endlich aber, nach Ueberschreitung dieser Linie die ursprüngliche Wirkungsweise des Instrumentes umkehren, indem das Niveau des bereits abgeflossenen Exsudates höher zu stehen kommt als der paracentesirte Thorax. Unter diesen Verhältnissen begünstigt das Instrument das Zurückfliessen des bereits Entleerten, und kann — falls dies überhaupt indicirt ist — dazu benützt werden, beliebige Flüssigkeiten, »welche man zu diesem Zwecke empfohlen«, ohne Gefahr des Lufteintrittes und ohne gewaltsame Injection in die geöffnete Pleurahöhle einzufüllen, und dann wieder sicher und gefahrlos zu entleeren. Man ersieht, dass HIGGINSON's seitlich angebrachte Kautschukflasche (vgl. Anm. S. 80) hiermit ersetzt werden kann, indem man es in der Macht hat den hydrostatischen Druck beliebig zu vergrössern.

Das eben Gesagte wird, wie ich glaube, vollkommen hinreichen, die Wirkungsweise des Hebertroicarts verständlich zu machen, und die Brauchbarkeit elastischer Abfluss-Röhren in das gehörige Licht zu stellen.

Alles zusammengenommen dürfte sich das angegebene Verfahren beim Bruststich durch seine Einfachheit und die anderweitigen Vortheile, welche es darbietet, in vorkommenden Fällen vor den übrigen Methoden, auch vor der von HIGGINSON angegebenen, empfehlen[1]).

[1] In dem 1. Hefte der Illustrirten med. Zeitschrift. München 1852 hat Hr. Dr. WINTRICH in Erlangen »einige Worte über die Paracentese der Brust« und die

Auch beim Bauchstich, bei der Punction von Hydroovarien und dgl. lässt sich eine lange elastische Abflussröhre, welche man in

Beschreibung »eines neuen Instrumentes zu gefahrloser Ausführung derselben« veröffentlicht. Ich bin in seinem Aufsatze auf eine herausfordernde Weise angegriffen worden, und sehe mich in die Nothwendigkeit versetzt, Hrn. Dr. WINTRICH zu antworten. Möge derselbe künftighin mehr bei der Sache bleiben und vorsichtiger sein! Hr. Dr. WINTRICH widmet mehrere seiner Aphorismen der Darstellung der physikalischen Verhältnisse des Athmungsprocesses, der Bedingungen des Lufteintrittes u. s. w., welche im Wesentlichen eine frappante und erfreuliche Uebereinstimmung mit den von mir a. a. O. darüber veröffentlichten Bemerkungen zeigen. Bei einer gewissenhaften Vergleichung unserer beiderseitigen Aufsätze konnte mich nur das weit frühere Datum des meinigen über den Vorwurf, welchen ich mir selbst zu machen im Begriffe war, beruhigen, an Hrn. Dr. WINTRICH ein Plagiat begangen und das Neue, was sich daselbst nebst vielem, schon längst Bekannten etwa finden sollte, aus seiner Arbeit, ohne seinen Namen auch nur zu nennen, entlehnt zu haben. Ich erwähne dies nur, weil sich Hrn. WINTRICH's Aphorismen das Ansehen geben, als ob sie ganz unerhörte Dinge enthielten. Hr. Dr. WINTRICH greift mich S. 35 direct an, indem er mit gesperrten Buchstaben drucken lässt, dass ich HIGGINSON's Instrument »in der 2. Auflage als Eigenes« hätte erscheinen lassen, und beschuldigt HIGGINSON, Dr. EASTON und mich eines groben physikalischen Irrthums, weil er es nicht begreifen kann, welches »physikalische Gesetz« wir zur Erklärung der Heberwirkung unserer Instrumente benützen. Als Antwort auf den ersten Ausfall und zur Berichtigung mag das, in der Anmerkung S. 80 über mein Verhältniss zu HIGGINSON Gesagte genügen. Was aber den, den beiden Engländern und mir gemachten Vorwurf der Unkenntniss der Gesetze des Hebers betrifft, so fällt derselbe einfach auf Hrn. WINTRICH selbst zurück, da er unglaublicherweise sagt (S. 35), dass seines Wissens »die ganze Wirkung der Heberkraft nur durch einen ungleichen Luftdruck oder durch ungleichen Luftwiderstand ermöglicht wird« und verdient daher gar keine weitere Berücksichtigung. Ich will jedoch Hrn. WINTRICH zurechtweisen und schlage ihm vor, im Lehrbuch der Physik und Meteorologie von Dr. JOH. MÜLLER 3. Aufl. Bd. I., S. 156, §. 68, über den Heber nachzulesen. Freilich hätte Hr. WINTRICH auf den sehr nahe liegenden Gedanken selbst kommen können, ein Lehrbuch der Physik nachzusehen, bevor er seine neue Theorie des Hebers entwickelte.

Die mit Exsudat gefüllte Pleurahöhle mit einem starrwandigen, vollen Fass und den luftdicht in das Spundloch eingekeilten Heber mit unserem Troicart zu vergleichen, wie Hr. WINTRICH es wirklich thut, ist völlig unstatthaft. Wenn Hr. WINTRICH zu seinem unpassenden Vergleich nun einmal eine besondere Vorliebe hatte, so musste er wenigstens eine mit einer dünnwandigen Kautschukflasche — (welche ähnlich wie die Lunge in den Thorax, in das gefüllte Fass hineinragt) — verschlossene Gegenöffnung anbringen, denn sonst kann — wie ja selbst Hr. WINTRICH einsieht — auch der »bestconstruirte Heber« (!) keinen Tropfen entleeren. Hrn. WINTRICH's neues Instrument endlich, welches ihm »seit Jahren vorschwebte« und »nach langem Experimentiren« zu construiren gelungen ist, verspricht durchaus keine besonderen Vortheile, es möchte denn der Umstand betont werden, dass die den Stachel tragende innere Röhre nicht entfernt zu werden

der oben angegebenen Weise an die Canüle des Troicarts befestigt, mit grossem Vortheil verwenden. Es handelt sich hier weniger um die Verhinderung des Eintrittes von Luft in die geöffneten Räume als um eine Erleichterung der Entleerung der Flüssigkeiten, so wie um ein bequemeres Verfahren das Entleerte aufzufangen. Der Lufteintritt kann bei einiger Vorsicht des Operateurs wohl nicht leicht stattfinden und man braucht daher nicht erst eine besondere Vorrichtung auszusinnen, allein wenn man die volle Sicherheit dagegen, durch die Anwendung der elastischen Ansatzröhre, welche den beiden anderen Anforderungen genügt, mit in den Kauf bekommt, so wird dies kaum Jemand bedauern. — Die elastische Ansatzröhre wird hier ganz auf dieselbe Weise gebraucht wie bei der Paracentese der Brust und wirkt hier wie dort nach denselben Gesetzen. Die Länge derselben kann 2 Fuss und darüber betragen, und das Lumen mehrere Linien im Durchmesser halten. Durch die bedeutendere Länge wird, *caeteris paribus*, das hydrostatische Moment vergrössert, indem der verticale Abstand der Abfluss-

braucht, sondern in die Canüle zurückgezogen wird, wodurch es gestattet ist, schon vor dem Einstich die elastische Abflussröhre, welche Hr. Wintrich auch anwendet, an die Abflussöffnung des Troicarts zu befestigen. Hr. Wintrich lässt gleich nach dem Einstich das freie Ende der Kautschukröhre in ein mit Wasser gefülltes Glas tauchen, gibt übrigens aber nicht an, wie die in der Röhre enthaltene Luft entfernt werden solle. Das mit Wasser gefüllte Glas will Wintrich tiefer gestellt wissen als die Operationswunde und es scheint fast, dass Herr Wintrich die Bedeutung dieser Tieferstellung dunkel geahnt habe. Was den Troicart selbst angeht, so soll derselbe, wie Hr. Wintrich versichert, ganz besonders geeignet sein, um »bald einen dicken, bald wieder nur einen ganz dünnen Strahl, schnell oder langsam etc. abfliessen zu machen und im Falle der Verstopfung bei dickem, flockenreichen Exsudat ohne Entfernung des Apparates, ohne Anwendung einer Sonde etc.« das Hinderniss sogleich zu beseitigen. Und dies Alles bewirkt Hr. Wintrich einfach durch zwei in einandergesteckte, mit gleich grossen, ovalen Seitenöffnungen versehene silberne Röhren, von denen die innere den Stachel trägt u. s. w. (vergl. S. 35). Je nachdem die beiden ovalen Oeffnungen durch das Zurückziehen der inneren Röhre untereinander verschoben werden, lassen sie bald eine grössere, bald eine kleinere Oeffnung übrig, und man beherrscht somit, nach Hrn. Wintrich, die Stärke des Strahles und die Schnelligkeit der Entleerung. Es scheint mir jedoch, dass dies noch weit einfacher erreicht werden kann, wenn man die elastische Abflussröhre mit den Fingern zusammendrückt, oder durch eine Ligatur mehr oder weniger zuschnürt, oder endlich einknickt. Dazu bedarf es also eines besonderen und kostspieligen Apparates durchaus nicht. Vor der Verstopfung des Instrumentes durch Exsudatflocken endlich sichert man sich, nach Wintrich, durch Zerschneidung derselben (S. 37). Hr. Wintrich scheint von diesen Flocken vorauszusetzen, dass sie sich seinem Troicart zu Liebe immer zwischen die Oeffnungen der beiden Röhren legen werden, um sich zerschneiden zu lassen.

öffnung von dem höchsten Stande der zu entleerenden Flüssigkeit grösser ausfällt; man leitet die Röhre auf dem kürzesten Wege, über den Bettrand, in das auffangende Gefäss, welches auf dem Boden oder auf einem Schemel steht und gross genug ist, um die ganze Flüssigkeitsmenge zu fassen, — womit zugleich das lästige Wechseln der Gefässe beseitigt ist.

Die Weite des Lumens ist gleichfalls von Bedeutung, denn es macht sich der schädliche Einfluss der Adhäsion der Flüssigkeit an den Röhrenwandungen um so mehr geltend, je geringer der innere Durchmesser der Röhre ist. — In ähnlicher Weise, wie in den angeführten Beispielen, kann man auch am Katheter elastische Ansatzröhren zur Beförderung der Entleerung des Urins u. s. w. anbringen, wenn es nothwendig erscheinen sollte.

Die Magenpumpe, welche A. HIGGINSON im »*Lancet*«, Febr. 1847, p. 240, beschrieben hat, gehört auch hierher. Die Elasticität und Biegsamkeit der vulcanisirten Kautschukröhren sind auf sehr sinnreiche Weise verwerthet. HIGGINSON's Magenpumpe hat keine fixen Klappen und könnte ebenso gut Magen-Heber heissen, denn sie entleert den Mageninhalt nach dem Gesetze des zweischenkligen Hebers.

Die künstliche Entfernung einer Flüssigkeit aus einem gegebenen Raume kann, da es sich um einen rein physikalischen Vorgang handelt, auf ganz exacte Weise geschehen. Die durch die Lehren der Physik gebotenen Hilfsmittel können und sollen hier eben so gut als anderwärts benützt und ausgebeutet werden. Es wäre wahrlich der Mühe werth, die Operationslehre in ihrem ganzen Umfange in dieser Richtung zu revidiren und zu bearbeiten. Die physikalische Diagnostik hat in ihrer Sphäre das geleistet, was von einer auf physikalische Grundsätze basirten und aus exacten Principien streng logisch entwickelten Operationslehre in der Chirurgie zu erwarten steht.

Die voranstehenden Zeilen enthalten einen kleinen Beitrag zur Lösung dieser Aufgabe.

VII.

Ueber das Orthoskop,

eine neue Methode zur genaueren Untersuchung des gesunden und kranken Auges.

[*»Prag. Vierteljahrschr.« 1851. Bd. XXXII. S. 154 — und 1853. Bd. XXXVIII. S. 137.*]

1.

Fällt ein Lichtstrahl an irgend einem Punkte der Trennungsfläche zweier Medien von verschiedener lichtbrechender Kraft senkrecht auf, so geht er ungebrochen aus dem einen in das andere über; bildet hingegen die Einfallsrichtung des Lichtstrahls einen Winkel mit dem im Einfallspunkte auf der Trennungsfläche errichteten Lothe, so wird der Strahl gebrochen, d. h. er erfährt vom Einfallspunkte an eine Ablenkung von seiner ursprünglichen Richtung. Der Winkel, welchen der abgelenkte Strahl mit der Verlängerung des Lothes bildet, heisst der Brechungswinkel, oder nach Anderen der gebrochene Winkel. Die Erfahrung lehrt, dass der Brechungswinkel grösser oder kleiner sein kann als der Einfallswinkel, dass aber das Verhältniss zwischen dem Sinus beider für zwei bestimmte Medien stets constant bleibe. Im Allgemeinen ist der Brechungswinkel dann kleiner als der Einfallswinkel, wenn der Lichtstrahl aus einem dünneren in ein dichteres Medium kommt: im umgekehrten Falle ist er grösser als der letztere. Man drückt dieses Gesetz auch so aus: Der Lichtstrahl wird zum oder vom Einfallslothe gebrochen, je nachdem er aus einem dünneren in ein dichteres oder aus einem dichteren in ein dünneres Medium gelangt. Da das Verhältniss zwischen dem Sinus des Brechungswinkels und dem Sinus des Einfallswinkels, welches das Brechungsverhältniss oder der Brechungsexponent heisst, für zwei bestimmte Medien constant ist, so ergibt sich, dass es bei der Brechung zum Lothe einen grössten Brechungswinkel gibt, welcher immer weniger als 90° betragen muss;

bei der Brechung vom Lothe hingegen einen grössten Einfallswinkel, welcher ebenfalls stets kleiner als ein rechter sein muss, wenn der Lichtstrahl noch in das zweite weniger dichte Medium gelangen soll. Wird bei der Brechung vom Lothe der durch den Exponenten bestimmte grösste Einfallswinkel überschritten, so erfolgt an der Trennungsfläche statt einer Brechung eine totale Reflexion des Lichtstrahls, welcher dann in das dünnere Medium gar nicht hineinkommen kann. Die dioptrischen Gesetze schlagen hier in die katoptrischen um. Die unmittelbare, für unsere räumlichen Gesichtswahrnehmungen wichtige Folge der Ablenkung der Lichtstrahlen von ihrer ursprünglichen Richtung ist die Verrückung oder Verschiebung der Bilder, welche sie von ihren Gegenständen hervorzubringen im Stande sind. Wenn wir z. B. in schräger Richtung ins Wasser sehen, so müssen die am Grunde liegenden Gegenstände auf anderen Punkten unserer Retina ihre Bildchen entwerfen, als wenn — bei unveränderter Stellung und Lage des Auges — das Wasser abgelassen würde, und erscheinen uns deshalb je nach der verschiedenen Ablenkung der Lichtstrahlen an anderen Orten im Raume[1].

Ich erinnere hier an ein bekanntes, leicht zu wiederholendes Experiment, welches zugleich sehr instructiv ist. Man nehme ein leeres Gefäss, lege auf den Boden desselben ein Geldstück und stelle sich so, dass der freie Rand des Gefässes die Münze vollständig verdeckt. Nun lasse man nach und nach Wasser einfüllen — doch langsam, damit das Geldstück nicht von seinem Platze fortgeschwemmt werde. In dem Maasse, als das Niveau des Wassers steigt, rückt dann, ohne dass der Beobachter seine Stellung im Geringsten ändert, das Geldstück über den es verdeckenden Rand hervor, und man bemerkt zugleich, dass sich der ganze Boden des Gefässes scheinbar verschiebt und erhebt. Die Erklärung dieser Erscheinung folgt aus dem vorigen mit Leichtigkeit, und es ist überdies möglich, durch Anwendung der oben erörterten Gesetze der Brechung die allgemeinen Bedingungen für die Beschaffenheit und Grösse der Ablenkung solcher Bilder a priori festzustellen. Die Grösse, die Lage und der Ort der Bilder, welche von Gegenständen herrühren, die sich unter Wasser oder sonst einem stärker brechenden Medium als Luft befinden, hängen überhaupt ab: 1. von der Lage und der räumlichen Beziehung der Gegenstände zu dem Beobachter; 2. von

[1] Diese Erfahrung über die scheinbare Ortsveränderung der Gegenstände kann Jene, welche sich aus Mangel an Uebung in Sachen der Speculation nicht gleich auf den subjectiven Standpunkt erheben können, auf den richtigen Weg des Nachdenkens und zum Verständniss der subjectiven Natur unserer sinnlichen Wahrnehmungen bringen. Doch dies nur beiläufig.

dem Brechungsverhältniss zwischen der Luft und dem dichteren Medium; 3. von der Mächtigkeit des Mediums in der Richtung der Sehlinie, und endlich 4. von den mathematischen Eigenschaften und der Lage der Trennungsfläche. Die verschiedene Dicke der den Gegenstand deckenden Schichte des dichteren Mediums hat in so fern Einfluss auf die Verhältnisse des Bildes, als die Lichtstrahlen länger oder kürzer ihre ursprüngliche Richtung beibehalten. Dass die Gestalt der Trennungsfläche ebenfalls von Bedeutung sei, ist einleuchtend, wenn man sich nur der dioptrischen Erscheinungen bei sphärischen Begrenzungsflächen der brechenden Medien erinnert.

Mit den Gesetzen der Strahlenbrechung vertraut, kann man für einen speciellen Fall aus dem verschobenen Bilde die wahre Lage des Gegenstandes berechnen, wenn man die nöthigen Data besitzt, oder durch Versuche a posteriori bestimmen, und den Fehler, welcher durch die Ablenkung entstanden ist, im Geiste verbessern; allein nichts desto weniger bleibt die unmittelbare sinnliche Wahrnehmung dieselbe, und verleitet uns immer wieder zu dem Fehlschluss über die wahre Lage, hätten wir ihn auch so eben theoretisch berichtigt. Wir erhalten auf diese Weise unter Umständen falsche räumliche Anschauungen, und sind dann nicht im Stande, aus der einfachen Wahrnehmung sofort ein richtiges Urtheil über die objectiven Verhältnisse, deren genaue Kenntniss uns von Bedeutung sein kann, zu fällen.

So hat man bei der Untersuchung der inneren Theile des Auges, welche in physiologischer oder pathologischer Hinsicht an lebenden Individuen vorgenommen wird, namentlich wenn es sich um eine mehr seitliche Ansicht handelt, mit jenen Schwierigkeiten der in diesen Fällen ohne Zweifel wichtigen Beurtheilung der objectiven räumlichen Verhältnisse zu kämpfen. Die inneren Theile des Auges, so weit dieselben von Aussen her sichtbar sind, erfahren eine Gestaltveränderung und eine scheinbare Verschiebung aus ihrer natürlichen Lage, weil die von ihnen reflectirten Strahlen aus den stärker lichtbrechenden Medien des Auges in die Luft gelangen und an den sphäroidischen Trennungsflächen gebrochen werden. Wollen wir auch von dem Brechungsverhältniss zwischen Cornea und Humor aqueus ganz absehen, und die Substanz der Cornea überhaupt gar nicht in Rechnung bringen: so ist doch das Verhältniss zwischen Humor aqueus und Luft von der Art, dass die Lichtstrahlen bei ihrem Austritte eine bedeutende Ablenkung vom Einfallslothe erfahren müssen. Die Folge hievon ist, dass die vordere Augenkammer ihre Tiefe verliert, und keine Profilansicht gestattet; die Iris wölbt sich scheinbar vor, und füllt mit ihrem Bilde nahezu den ganzen von der Cornea begrenzten Raum aus. Wir sind an gesunden

Augen nicht im Stande, von der Seite her durch die vordere Augenkammer hindurchzusehen, und entdecken nur eine Andeutung von dem durch anatomische Untersuchungen bekannten Zwischenraum zwischen der Cornea und der Iris. Es geschieht hier im Wesentlichen dasselbe, was in dem oben citirten Versuch mit dem Gefässe zu beobachten war: so wie sich dort der Boden mit dem Geldstücke erhob, und nach der einen Seite hin verrückte, ganz eben so wird hier die Iris hervorgewölbt und verschoben. Die einzige Verschiedenheit liegt in der Gestalt der Trennungsfläche der Medien; dort trennt der ebene Wasserspiegel, hier die gekrümmte Oberfläche der Cornea.

Dass wir dem zu Folge von den physiologischen und pathologischen Veränderungen, hinsichtlich der räumlichen Verhältnisse, welche an den sichtbaren inneren Theilen des Auges vorgehen, theils gar nichts wahrnehmen, theils falsche Ansichten bekommen müssen, ist so wohl eben so einleuchtend, als es bei der Wichtigkeit des Gegenstandes wünschenswerth ist, die Ursache der Unvollkommenheit dieser Untersuchungen möglichst zu entfernen.

Durch grosse Uebung und genaue Kenntniss der Anatomie des Auges kann man es zwar dahin bringen, auch aus den verschobenen Bildern manchen richtigen Schluss zu ziehen, allein dies hindert nicht, eine bessere Untersuchungsmethode, welche correctere Data liefert, zu suchen. Um zum Ziele zu gelangen, ist es unumgänglich nothwendig, die objectiven Verhältnisse, in welchen sich das beobachtete Auge befindet, so weit als möglich zweckmässig zu ändern, weil die gerügte Unvollkommenheit der Bilder eben objective Ursachen hat. Wir haben die Ablenkung der Lichtstrahlen von ihrem geradlinigen Wege während des Durchtrittes durch die verschiedenen Medien als die Fehlerquelle erkannt, und müssen daher gerade diese Ablenkung, so weit es thunlich ist, zu verhindern trachten. Die grösste Ablenkung, welche alle das Auge verlassenden Lichtstrahlen erfahren, sie mögen aus welcher Tiefe immer kommen, findet an der äusseren Oberfläche der Cornea statt, weil diese das Auge gegen die Aussenwelt begrenzt, und das Licht weit stärker als die Luft zu brechen vermag. Die Brechungen, welche die reflectirten Lichtstrahlen innerhalb des Auges, ehe sie an die Cornea gelangen, erleiden, sind im Allgemeinen schon deshalb von geringerer Bedeutung, weil die in der Tiefe des Auges befindlichen Theile für eine Profilansicht, um welche es sich uns vorzüglich handelt, verloren gehen. Dieser Umstand ist unserem Vorhaben günstig, denn wir haben kein Mittel, die Brechung der Strahlen innerhalb des Auges zu verhindern, und müssten von ihr absehen, wenn sie auch bedeutender wäre, während es für die Aufhebung oder wenigstens bedeutende

Verringerung der Brechung an der Oberfläche der Cornea, wie ich sogleich zeigen werde, ein zweckmässiges Mittel gibt. Ich wurde vor etwa drei Jahren beim Präpariren eines Auges auf dieses Mittel aufmerksam.

Die das Auge umgebende Luft hat, wie wir wissen, im Verhältniss zur Cornea oder dem *Humor aqueus* eine geringe lichtbrechende Kraft, und ist namentlich Schuld an der starken Ablenkung der ausfahrenden Strahlen. Würden wir die atmosphärische Luft fortschaffen, und das Auge statt mit dieser mit einem Körper umgeben, welcher das Licht eben so stark als die Cornea oder der *Humor aqueus* bricht, so würden wir ein für unseren Zweck günstigeres Verhältniss schaffen. Die reflectirten Lichtstrahlen würden, von der vorderen Fläche der Linse angefangen, Medien von fast verschwindend kleinen Dichtigkeitsunterschieden durchlaufen, und könnten somit kaum erheblich von ihrer Richtung abgelenkt werden. Der Abschnitt des Auges vor der Linse müsste uns demnach weit eher als unter anderen Umständen in seinen wahren objectiven Verhältnissen erscheinen; was hinter der Linse liegt, wird sich aber immerhin unter mehr oder weniger bedeutenden optischen Veränderungen dem Blicke darbieten; die Linse selbst gehört theils in das einer exacteren Beobachtung zugänglich gemachte, theils in das andere Gebiet. — Würde der Körper bedeutend stärker als die Cornea das Licht brechen, so würden die reflectirten Lichtstrahlen beim Austritte zum Perpendikel abgelenkt, und die inneren Theile des Auges abermals unter anderen Gestalten erscheinen lassen.

Ein Körper von der gewünschten brechenden Kraft, welcher zugleich Beweglichkeit genug besitzt, sich an das Auge anzuschmiegen, ist z. B. das W a s s e r. Das Brechungsvermögen desselben nämlich wird durch die Zahl 1,3358 ausgedrückt. Da nun die Cornea mit 1,33, die wässerige Feuchtigkeit mit 1,338 bricht, so wird die Ablenkung der Lichtstrahlen von ihrem geradlinigen Wege nur unbedeutend sein.

Es ist nicht schwer, das Auge auf irgend eine passende Weise unter Wasser zu setzen, und zugleich der Beobachtung von Aussen zugänglich zu machen. Man kann ganz einfach das Gesicht in ein gläsernes Wasserbecken tauchen, die Augen öffnen und nun von einem zweiten durch die Glaswand beobachten lassen. Dieses etwas rohe Verfahren würde wenigstens genügen, um sich schnell von der überraschenden Wirkung der Wasserschichte auf das Aussehen eines lebendigen Auges zu überzeugen. Für wissenschaftliche Zwecke habe ich, um bequemer und länger beobachten zu können, einen besonderen Apparat ausgedacht, welcher bei aufrechter Stellung des Kopfes eine

genügende Menge Wasser vor einem der beiden Augen fixirt. Bei geneigter Stellung des Kopfes ist es wohl leichter, das Wasser um das Auge zusammenzuhalten, allein man hat dann eine weniger günstige Beleuchtung und weniger Bequemlichkeit und Freiheit im Beobachten.

Mein Apparat (vgl. die Erklärung der Abbildungen 1 und 2) ist eine Art Kästchen, und wird aus vier rechtwinklig zusammen stossenden Wänden gebildet, welche wasserdicht an einander gefügt sind. Die vordere und die äussere Wand sind aus reinem Glase, die untere und die innere aus Blech. Es liessen sich auch diese beiden Wände aus Glas herstellen, allein ich zog es vor, undurchsichtige und geschwärzte Flächen daselbst anzuwenden, weil sich das Auge aus dieser dunklen Umgebung besser hervorhebt. Die freien hinteren Ränder der unteren und der inneren Wand sind so ausgeschnitten, dass sie unterhalb des Augenhöhlenrandes an die Wange und zwischen dem inneren Augenwinkel und der Nasenwurzel genau angedrückt werden können.

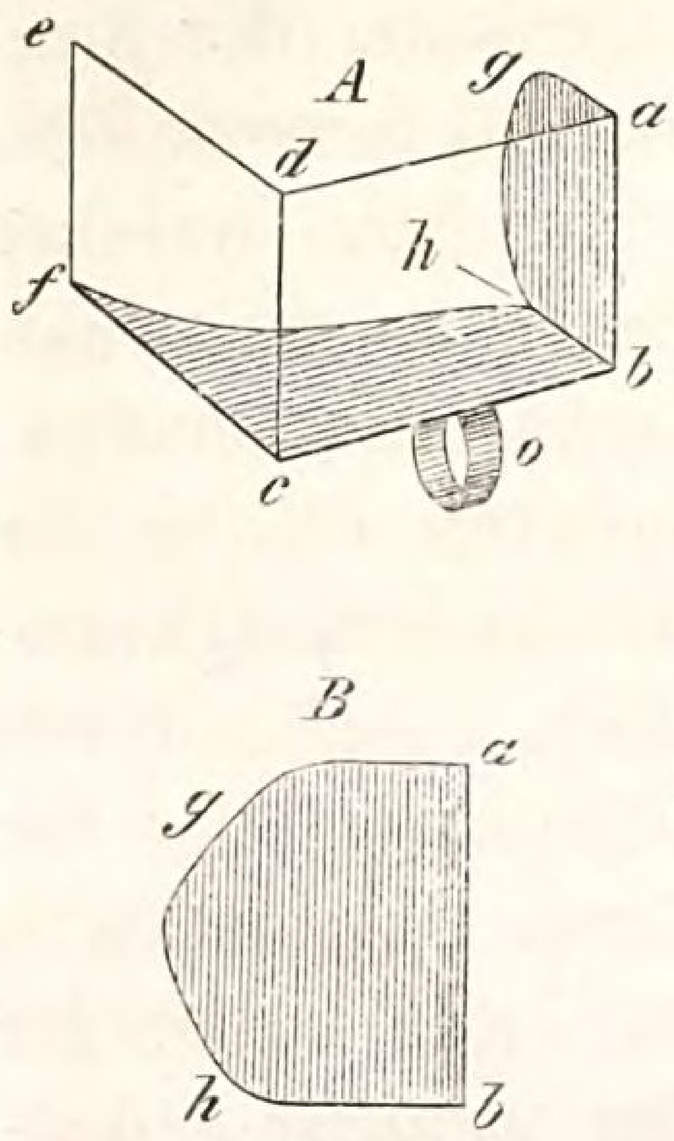


Fig. 1.

Der hintere Theil der äusseren gläsernen Wand kommt flach auf die Schläfe zu liegen. Für jedes der beiden Augen gehört natürlich ein eigener Apparat, weil der Gesichtsausschnitt für die rechte Seite in entgegengesetzter Richtung gekrümmt sein muss, als jener für die linke. Hat man den Apparat, welcher an einem kleinen, an der unteren Fläche der unteren blechernen Wand angelötheten Ringe gefasst wird, gehörig angelegt, so befindet sich das Auge in einem oben offenen Kästchen gewissermaassen eingesperrt, und kann nun ganz unter Wasser gesetzt werden, da die Wände so weit hinaufreichen, dass das Niveau der Flüssigkeiten in gleicher Höhe mit dem oberen Augenhöhlenrande stehen kann. Um das Ausfliessen des Wassers, welches dann statt findet, wenn der Ausschnitt des Apparates für die Gesichtsbildung nicht genau passt, möglichst zu verhindern, lege ich längs der Linie, wo das Gesicht berührt wird, namentlich unter dem inneren Augenwinkel und an der Schläfe nach Bedarf kleinere oder grössere Ballen oder Würstchen von Baumwolle unter und drücke dann fest auf. Bisher habe ich den Apparat stets auf die beschriebene Weise angelegt und das Wasser zu fixiren gesucht. Es versteht sich aber von selbst,

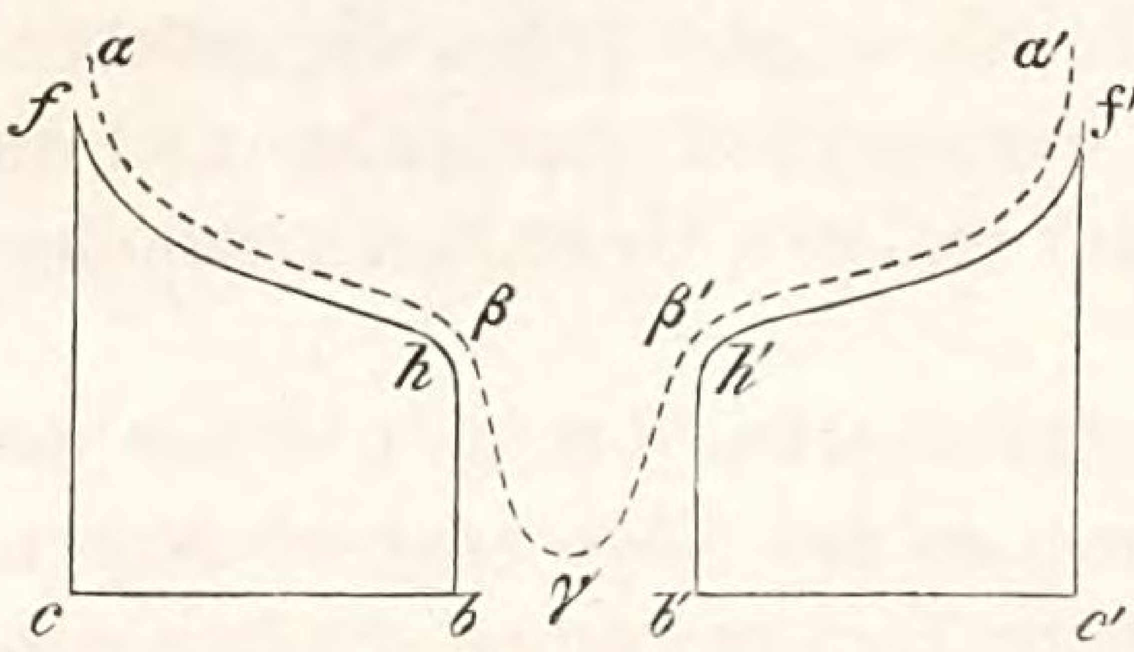


Fig. 2.

dass namentlich für die praktische Augenheilkunde verschiedene zweckdienliche Modificationen des Apparates und der Anlegung zu erdenken sind, z. B. ein Kautschuk-Besatz für den Gesichtsausschnitt etc. Ich überlasse jedoch diese Verbesserungen den praktischen Oculisten, welche ihre Bedürfnisse besser kennen als ich. Die Hauptsache ist, das Auge unter das Niveau einer Flüssigkeit von den geforderten Eigenschaften in der Weise zu setzen, dass es gut und bequem beobachtet werden kann [1]).

Man giesst das Wasser von oben in den Apparat ein, und lässt das Auge vorläufig schliessen, damit es sich beim allmählichen Oeffnen mit dem etwas abschreckenden Eindruck des ungewohnten Mediums nach und nach befreunde. Hat es sich endlich geöffnet, so erscheint es dem Beobachter ganz eigenthümlich verändert; von vorn gesehen weniger auffallend als in der Profilansicht. Die Iris tritt als ein ebener Vorhang weit zurück, die Cornea hingegen wölbt sich als eine glashelle halbkuglige Blase hervor, und gestattet eine seitliche Durchsicht durch die vordere Augenkammer. Bei sehr stark erweiterter Pupille liegt die Linse bloss und kann genau untersucht werden. Mit kurzen Worten, alle räumlichen Verhältnisse der vorderen Theile des Auges, welche wir hauptsächlich berücksichtigen, präsentiren sich nahezu in ihrer natürlichen Beschaffenheit, und können daher mit grösserer Präcision als bis jetzt beurtheilt werden. Die von mir angegebene Untersuchungsmethode, welche hiermit noch keineswegs in allen Richtungen ausgebeutet ist, dürfte für den Ophthalmiatriker von einiger diagno-

[1] Nachdem bereits diese und Dr. v. HASNER's (Prag. Vtljschr. XXXII. S. 166 ff.) Abhandlung dem Drucke übergeben war, ist es mir gelungen, das Abfliessen des Wassers auf eine sichrere Weise als durch Unterlagen von Baumwolle zu verhindern. Ich nehme statt Baumwolle geknetete Mica panis, welche sich an das Gesicht sehr genau anlegt, und den Rand des Apparates bei gelindem und anhaltendem Drucke tief in sich aufnimmt. Hat man das Brod vorher gut durchgeknetet, so dass es keine Risse und Spalten hat, ferner den Rand tief eingedrückt und einen gehörigen continuirlichen Druck angewendet, so fliesst kein Tropfen ab. Ein mit Baumwolle ausgestopftes Pölsterchen von Wachstaffet habe ich auch versucht. Am Gesichte hält es vortrefflich. Der Rand des Apparates kann jedoch nicht tief genug einsinken, und müsste, wenn diese Vorrichtung ihren Zweck ganz erfüllen soll, wasserdicht mit dem Polster verbunden werden. Am besten und bequemsten wird es sein, wenn man einen besonders gestalteten Besatz von Kautschuk an den Gesichtsausschnitt anbringen lässt. Ich habe schon oben davon Erwähnung gethan, und hätte schon längst diese Idee ausgeführt, wenn ich eines Arbeiters habhaft geworden wäre. Um durch das Fixiren des Apparates nicht im Beobachten gestört zu werden, namentlich wenn man keinen Gehilfen dazu bei der Hand hat, ist es zweckmässig, den Apparat durch eine Vorrichtung, z. B. einen Riemen, metallene Spangen an den Kopf des Patienten zu befestigen.

stischer Bedeutung sein, und giebt dem Physiologen Gelegenheit, ein lebendiges Auge in seinen wahren Verhältnissen zu studiren. Ich selbst hatte bei der Construction meines Apparates den Zweck, die etwaigen Ortsveränderungen der Linse, welche zu Erklärung des Accommodationsvermögens von Einigen vorausgesetzt werden, direct zur Anschauung zu bringen. Die Resultate dieser Untersuchungen werde ich an einem anderen Orte mittheilen.

Bezüglich der Anwendbarkeit des Apparates, namentlich in der Augenheilkunde, ist noch dem Einwurfe zu begegnen, dass der Eindruck des Wassers ein unleidlicher sei und üble Folgen haben könne. Es ist allerdings wahr, dass es nicht gerade angenehm ist, das Auge unter Wasser aufzuthun, allein man kann es ganz gut an dieses Medium gewöhnen, wie ich an mehreren meiner Freunde und an mir selbst erfahren habe. Ueberdies kann das Wasser etwas erwärmt oder mit schleimigen Mitteln oder mit Eiweiss u. dgl. versetzt werden. Die Patienten, welche im Prager Hospitale auf der Klinik des Hrn. Prof. Arlt und der Abtheilung des Hrn. Dr. Hasner mit dem Apparate untersucht wurden, haben sich auch nicht sehr empfindlich gezeigt und keine üblen Folgen verspürt. Immerhin bleibt ein derartiges Augenbad ein Reiz, und der Arzt wird etwaige Contraindicationen wohl berücksichtigen müssen.

Wir haben bisher von den Veränderungen, welche der Beobachter an dem zu untersuchenden Auge im Allgemeinen gewahrt, und von dem localen Effect der unmittelbaren Berührung der Conjunctiva durch das Wasser gesprochen. Es bleibt uns nun noch zu erörtern, in welcher Weise das Sehen in subjectiver Hinsicht alterirt ist, und welche Veränderungen der optischen Verhältnisse der Untersuchte an seinem Auge erfährt.

Die Frage, »ob man unter Wasser sehen könne«, ist schon vor langer Zeit aufgeworfen, und auf mathematisch-physikalischem Wege exact beantwortet worden. Die Aussagen berühmter Taucher, welche alle aus Erfahrung sprechen wollen, stimmen jedoch nichts desto weniger gar nicht überein; die einen haben bejahend, die andern verneinend geantwortet. Man wird sich durch folgende Betrachtung leicht überzeugen, dass die Wahrheit in der Mitte liegt, und der scheinbare Widerspruch in den Aussagen erfahrener Taucher nur durch die Ungenauigkeit im Ausdruck bedingt sei. Kommen die Lichtstrahlen, welche von einem leuchtenden Punkte nach allen Seiten ausströmen, beim gewöhnlichen Sehen in der Luft an die convexe Fläche der Cornea, so erfahren sie eine bedeutende Brechung zum Einfallslothe; gegen die optische Achse des Auges abgelenkt, erreichen

sie daher die Linse und werden, wenn das Auge für die betreffende Entfernung eingerichtet ist, auf der Retina wieder in einem Punkte vereinigt. Versetzt man in Gedanken das Auge und den leuchtenden Punkt unter Wasser, ohne jedoch an dem Accommodationszustand des ersteren und der Entfernung des letzteren das Geringste zu ändern, so wird der Gang der Lichtstrahlen im Auge dennoch verändert und die Vereinigungsweite eine ganz andere sein müssen. Denn es wird, da das Wasser eine weit grössere lichtbrechende Kraft besitzt als die Luft, das Brechungsverhältniss an der Oberfläche der Cornea ganz unbedeutend, und die Lichtstrahlen können daher auch nur unbedeutend der optischen Achse zugebrochen werden. Die Linse empfängt jetzt relativ-divergirende Lichtstrahlen, und könnte sie erst in einer bedeutenden Entfernung hinter der Retina zu einem Punkte vereinigen. Auf der Retina entsteht demnach ein Zerstreuungskreis und kein deutliches Bild. Ich lasse hier eine Berechnung über den Verlust an brechender Kraft eines unter Wasser befindlichen Auges folgen, welche in Gehler's physikalischem Wörterbuch Band IV, Abtheilung 2, S. 1384 zu finden ist: »Genauer genommen ist das Brechungsverhältniss des Lichtes aus Luft in die wässerige Feuchtigkeit des Auges $= n : 1 = 1,337$; das Brechungsverhältniss aus Wasser in die wässerige Feuchtigkeit des Auges $= w : 1 = 1,00075$. Setzt man also den Halbmesser der Cornea $= \varrho = 3''',75$; den Abstand des gesehenen Objectes $= d = 10''$, alles in Pariser Fussmaass, und sucht dann die Brennweite des Bildes hinter der Linse $= f$, so findet man:

$f = \frac{n d \varrho}{(n-1) d - \varrho} = 16''',3982$. Wird in dieser Formel statt n die Grösse w substituirt, so findet man:

$f' = \frac{w d \varrho}{(w-1) d - \varrho} = -123''',043$, das heisst, die aus einer Entfernung von 10 Zoll kommenden Lichtstrahlen werden durch den Einfluss der Brechung gar nicht zum Brennpunkte vereinigt, sondern würden diese erst in einer Entfernung von 10 Zoll zum Brennpunkte vereinigt werden, wenn sie aus einem Abstande von 10 Zoll 3 Linien ins Auge fielen«. Das Auge wird unter Wasser ungeheuer w e i t s i c h t i g, da die optische Wirkung der Cornea und des *Humor aqueus*, welche zusammen als eine Linse von etwa 16''',3982 Brennweite betrachtet werden können, beinahe ganz weg fällt. Sehr kurzsichtige Individuen werden unter Wasser im Allgemeinen weniger schlecht sehen als Weitsichtige. Wollte man unter Wasser dennoch klare Bilder von den Gegenständen erhalten, so müsste man, wie ein Staaroperirter und aus demselben physikalischen Grunde wie dieser eine Sammellinse vors Auge nehmen. Das Auge

des Operirten hat die Krystallinse, jenes des unter Wasser befindlichen Individuums die Cornea sammt dem *Humor aqueus* verloren. Es ist berechnet, dass der gemeinschaftliche Halbmesser einer für das deutliche Sehen im Wasser bestimmten biconvexen Glaslinse, deren Substanz 1,55 lichtbrechende Kraft besitzt, etwa 4,6 Linien betragen müsse. — Die oben aufgeworfene Frage muss demnach folgendermaassen beantwortet werden: Ein deutliches Sehen unter Wasser ist für unser Auge physikalisch unmöglich, nichts desto weniger entstehen aber zerstreute Bilder der Gegenstände auf der Retina, welche für die ergänzende Imagination des Sinnes hinreichen, unvollkommene Gesichtswahrnehmungen zu vermitteln.

Alles, was eben gesagt wurde, gilt im Allgemeinen auch vom Sehen durch unseren Apparat, nur muss man mit in Rechnung bringen, dass die hier gesehenen Gegenstände nicht wie dort ebenfalls mit unter Wasser sind. Die aus der Luft durch den Apparat zum Auge gelangenden Lichtstrahlen erleiden durch die Glaswand und das vorgeschlagene Wasser, ehe sie die Cornea erreichen, eine zweifache Brechung. Diese zweifache Brechung erleiden auch die aus dem Apparat herauskommenden Strahlen; wenn der Beobachter daher durch eine der beiden Glaswände in den Apparat hineinsieht, so erscheint ihm das ganze Auge mehr oder weniger aus seiner natürlichen Lage verschoben, ohne jedoch hiedurch in seinen Einzelheiten wesentlich verändert zu sein, da die Glaswand parallele Begrenzungsflächen besitzt. Uebrigens kann man auch von oben her, wo der Apparat offen ist, beobachten; die Strahlen werden da nur einmal und zwar an der Oberfläche des vorgeschlagenen Wassers gebrochen. — Schliesslich erlaube ich mir noch für meinen Apparat einen Namen in Vorschlag zu bringen, weil ich hoffe, dass derselbe nicht gleich in die akologische Rumpelkammer geworfen werden wird. Es ist schwer, das was der Apparat eigentlich leistet, in den engen Raum eines Wortes zusammen zu drängen. Doch glaube ich eine Bezeichnung gefunden zu haben, welche, wenn auch nicht ganz richtig, immerhin genügend sein dürfte. Im Grunde kommt es auf das gewählte Wort nicht viel an, wenn es einmal durch den Sprachgebrauch sanctionirt ist. Die Haupteigenschaft des Apparats, er mag wie immer modificirt werden, oder das, was er objectiv bewirkt, ist, dass er die Brechung der aus dem Auge reflectirten Lichtstrahlen an der Oberfläche der Cornea bedeutend verringert. Die Lichtstrahlen behalten also bei Anwendung des Apparates ihre geradlinige Richtung ziemlich bei, und erzeugen dann Bilder, welche den objectiven Verhältnissen fast vollkommen genau entsprechen. Wollen wir auch von der noch übrig bleibenden geringen Ungenauig-

keit absehen, so würden wir dem Apparat die Wirkung zuschreiben müssen, die Lichtstrahlen in ungebrochener gerader Richtung aus dem Auge heraus zu leiten, und richtige räumliche Anschauungen von den inneren Theilen des Auges hervorzubringen. Ein Instrument von diesen Eigenschaften könnte dann ein Orthoskop (von ὀϱϑός gerade, recht und σκοπέω betrachten, sehen) genannt werden. Ich verkenne nicht, dass durch diese Bezeichnung etwas zu viel von meinem Apparate ausgesagt wird, allein bei einigem gutem Willen lässt sie sich schon plausibel machen.

2.

Die physikalischen Bedingungen, unter welchen die inneren Theile des lebenden Auges der Untersuchung zugänglich gemacht werden können, sind durch die Arbeiten von Bruecke[1]) und Helmholtz[2]) genügend erörtert und durch den Augenspiegel des Letzteren auf sinnreiche Weise realisirt worden. Ruete[3]) hat neuerdings verschiedene, theils von ihm selbst, theils von Anderen erfundene Vorrichtungen zu demselben Zwecke beschrieben. — Jeder der bisher bekannt gewordenen Augenspiegel hat seine besonderen Vor- und Nachtheile, welche sich leicht bei der vergleichenden, praktischen Anwendung herausstellen und zu einer fortgesetzten Verfolgung des mit so viel Glück betretenen Weges auffordern.

Will man die inneren Theile, namentlich den Grund des lebenden Auges untersuchen, so hat man zunächst für eine passende Beleuchtung zu sorgen und das aus dem Inneren des Auges herausreflectirte Licht in das Auge des Beobachters zu leiten. Sodann muss man eine optische Vorrichtung anbringen, welche die Vereinigung der reflectirten Lichtstrahlen zu einem deutlichen Bilde im Auge des Beobachters möglich macht. — Der Theil des durch die Cornea in ein Auge geworfenen Lichtes, welcher vom Grunde reflectirt wird, kehrt, wenn das Auge für die Lichtquelle accommodirt ist, bis auf ein Minimum unregelmässig zerstreuter Strahlen, zu derselben zurück. In das Auge des Beobachters kann somit nur dann eine erhebliche Menge dieses reflectirten Lichtes gelangen und zur Erzeugung eines Bildes benützt werden, wenn das beleuchtete Auge nicht genau für die Entfernung der Lichtquelle accommodirt ist, und das beobachtende Auge in oder unmittelbar an der Lichtquelle sich befindet; oder wenn das reflectirte Strahlenbündel durch künstliche Vorrichtungen (z. B. unbelegte Spie-

[1] Müll. Arch. 1845. S. 387 und Müll. Arch. 1847. S. 225.

[2] Beschreibung eines Augenspiegels . . etc. Berlin 1851.

[3] Der Augenspiegel und das Optometer für praktische Aerzte. Göttingen 1852.

Bayerische Staatsbibliothek München

gelgläser, durchbohrte und theilweise ihres Belags beraubte Spiegel etc.) in zwei Theile gespalten wird, von denen der eine zur Lichtquelle zurückkehrt, der andere nach einer anderen Richtung, dem Beobachter zugelenkt wird.

Die eben erörterten Bedingungen lassen sich auf die mannigfaltigste Weise, mehr oder minder zweckdienlich, realisiren. Nach HELMHOLTZ's Vorgange ist bisher fast ausschliesslich Lampenlicht zur Beleuchtung verwendet worden, welches vermittelst spiegelnder Flächen in das zu beobachtende Auge geworfen wurde.

Ich will hier beiläufig erwähnen, dass man noch auf einem anderen Wege, als durch die Cornea, eine mehr oder weniger bedeutende Menge Licht in das Auge gelangen lassen kann, nämlich durch Sclerotica und Chorioidea, welche, wie mich zahlreiche Versuche gelehrt haben, selbst bei dunklen Augen, hinreichend durchscheinend ist. Zu dem Ende concentrirt man das Licht durch eine grösse Sammellinse und lässt den Strahlenkegel von der Seite her auf das Auge fallen. Das Licht gelangt durch die Sclerotica, Chorioidea und Retina hindurch, in das Innere des Auges und trifft je nach der Einfallsrichtung entweder einen Punkt der entgegengesetzten Seiten der Retina, Chlorioidea und Sclera, oder es wird durch die Linse, den Humor aqueus und die Cornea direct nach aussen gelenkt. Jener Theil des Lichtes, welcher an der getroffenen Stelle der entgegengesetzten Seite durchgegangen ist, macht sich äusserlich als heller Fleck bemerklich; der andere Theil, welcher daselbst reflectirt wird, kann hingegen, bei einer gewissen Einfallsrichtung des Strahlenkegels der Beleuchtungslinse, durch die Pupille aus dem Auge herausgelangen. —

Befindet sich ein beobachtendes Auge in der Richtung eines der beiden Lichtbüschel, von denen das eine direct, das andere nach einmaliger Reflexion durch die Pupille herausgebrochen wird, so sieht es die Pupille des beobachtenden Auges in derselben Weise, in röthlichem Lichte aufleuchten, wie bei einem leukaethiopischen Kaninchen. Es versteht sich von selbst, dass die Intensität der Erleuchtung bei verschiedenen Augen sehr verschieden ist. Blaue, etwas vorspringende Augen eignen sich weit besser zu diesen Versuchen als dunkle, obschon auch diese letzteren hinreichend durchscheinende Häute besitzen, um die besprochene Erscheinung zu zeigen.

Nach dieser Methode kann man das ganze Auge, namentlich den Glaskörper, die Linse, das *Lig. ciliare* etc., in den verschiedensten Richtungen durchleuchten und dabei manche nicht unwesentliche Aufschlüsse über etwa vorhandene pathologische Veränderungen erhalten.

Bayerische Staatsbibliothek München

Dem Lampenlichte, welches bei der Anwendung der Augenspiegel gebraucht wird, dürfte in manchen Fällen das Tageslicht vorzuziehen sein. Durch eine, freilich etwas umständliche Regulirung und Concentration könnte man das Tageslicht, ohne Zweifel, für die Anwendung der Augenspiegel brauchbar machen.

Das Orthoskop[1]) erfüllt die oben erörterten Bedingungen, durch welche der Grund des Auges der Untersuchung zugänglich gemacht wird, auf die einfachste Art und kann bei heller Tages- und Lampenbeleuchtung nicht blos zur Untersuchung der vorderen Augenkammer, sondern auch der Retina und der übrigen inneren Theile, wie ein Augenspiegel, gebraucht werden. Die Versuche mit dem Orthoskop, welche Herr Prof. Arlt in dieser Beziehung auf seiner Klinik angestellt hat, haben ein sehr befriedigendes Resultat gegeben. — Die ursprüngliche Form des Orthoskops kann nach den Bedürfnissen des Praktikers leicht modificirt werden, so dass die Anwendung desselben beim Tages- oder Lampenlichte ungleich geringere Schwierigkeiten macht und weit weniger Uebung erfordert, als die Anwendung der verschiedenen Augenspiegel. Der Grundgedanke, welcher die Veranlassung zur Construction des Orthoskops gab, war der: Die Brechung und Ablenkung der Lichtstrahlen an der vorderen Oberfläche der Cornea möglichst zu verhüten. Diese Forderung wurde erfüllt, indem das Auge auf passende Weise unter Wasser gesetzt wurde. Zur Ansammlung des Wassers diente ein vor dem Auge angebrachtes, durchsichtiges Kästchen. Ich habe oben den Einfluss des Wassers, welches nahezu denselben Brechungsexponenten hat wie der *Humor aqueus* und die Cornea, auf den Gang der einfallenden und aus dem Auge reflectirten Lichtstrahlen erörtert. Das Auge wird im höchsten Grade weitsichtig; die Vereinigungsweiten der Lichtstrahlen, welche von näheren und ferneren Gegenständen ausgehen, fallen in verschiedener Entfernung hinter die Retina. Auf der Retina selbst entstehen somit grosse Zerstreuungskreise. Der vordere Brennpunkt des Auges wird vom Auge abgerückt und die aus dem Inneren reflectirten Strahlen erleiden nur noch durch die Krystalllinse eine erhebliche Ablenkung von ihrer Richtung. Bei einiger Ueberlegung erkennt man leicht, dass auf diese Weise jene Verhältnisse, welche die Wahrnehm-

[1] Nach der gelehrten Berichtigung des Hrn. Dr. Cramer in Groningen (Tijdschrift der Nederlandsche Maatschappij tot Bevordering der Geneeskunst. Januarij 1852. p. 46) hat schon Petit ein solches Instrument in der Histoire de l'Académie royale de chirurgie 1728, beschrieben, ohne jedoch, wie es scheint, eine weitere praktische Anwendung davon gemacht zu haben.

ung der Retina für gewöhnlich unmöglich machen, in so weit aufgehoben werden, dass man unter hinreichend starker Beleuchtung ohne Weiteres das Innere und den Grund des Auges deutlich muss sehen können.

Es ist schon eine alte, aber unverwerthete Erfahrung, dass der Versuch dieses Resultat theoretischer Betrachtung vollkommen bestätigt. Ich finde in dem Traité des Sens par Mr. Le Cat, Nouvelle Edition, Amsterdam 1744, pag. 174, wo Mariotte's Ansicht von der Unempfindlichkeit des Opticus und der Bedeutungslosigkeit der Retina für das Sehen, vertheidigt wird, folgende Stelle:

»*Mr. Mery plongea un chat dans un sceau d'eau et lui examina le fond des yeux; quand l'oeil est plongé dans l'eau, on voit plus distinctement les parties internes. Il vit donc que la retine étoit aussi transparente que toutes les humeurs de l'oeil et il en conclut, que cette membrane n'étoit pas plus l'organe immédiat de la vue, que le cristallin et l'humeur vitrée, puisque les rayons la traversaient aussi facilement qu'elle traverse les autres humeurs.*«

Dieselbe Methode wendete auch Bruecke bei seinen Untersuchungen über die Ursachen des Farbenwechsels der leuchtenden Thieraugen an, um den Grund der Augen zu sehen. (Müll. Arch. 1845, S. 391).

Schliesslich erlaube ich mir noch auf einen wesentlichen Vortheil aufmerksam zu machen, welchen das Orthoskop, abgesehen von der Leichtigkeit der Anwendung und von seiner Einfachheit, bezüglich der Beleuchtung darbietet. Bei den bisher bekannt gewordenen Augenspiegeln tritt, wie schon Helmholtz angeführt, das Flammenbild, welches die Cornea zurückwirft, sehr störend hervor, wenn man sich jenen Theilen der Retina nähert, welche in der Sehaxe liegen. Die Untersuchung des gelben Fleckes und seiner Umgebung wird durch das Hornhautbildchen wesentlich erschwert. Die Intensität und mit dieser die störende Einwirkung des Hornhautbildchens wächst natürlich mit der Intensität der Beleuchtung. Dieser wichtige Uebelstand nun wird durch die Anwendung des Orthoskops gehoben. Die einzige erhebliche Spiegelung des einfallenden Lichtes findet an der vorderen Glasplatte des Instrumentes statt. Diesem Reflex kann man jedoch durch Veränderung des Einfallswinkels der Lichtstrahlen entgehen oder dadurch ganz und gar ausweichen, dass man das Auge durch die seitliche Glasplatte, (welche zu diesem Ende eine andere Neigung zu der vorderen bekommen kann), oder von oben her beobachtet, während das passend gestellte Auge durch die vordere Glasplatte beleuchtet wird. Will sich der Beobachter das Bild der Retina näher bringen

oder vergrössern, so braucht er nur eine entsprechende Linsencombination auszuwählen und vor sein Auge zu nehmen.

Die Absicht, welche ich bei der Veröffentlichung dieser Andeutungen hatte, ist erreicht, wenn die Aufmerksamkeit der praktischen Augenärzte mit Erfolg auf ein Mittel zur Untersuchung des Auges gelenkt wurde, welches — obschon von entschiedener Bedeutung für die physikalische Diagnostik, schon einmal gänzlich in Vergessenheit gerathen war.

Nachschrift. Herr Prof. Arlt, welcher sich seit meinen ersten Mittheilungen mit unermüdlichem Eifer um die praktische Verwerthung des Orthoskops angenommen hat, liess vor Kurzem ein für ärztliche Zwecke vollkommen brauchbares Orthoskop construiren. Das Kästchen besteht aus Gutta Percha und hat nur eine gläserne Wand, welche von vorn und innen, nach hinten und aussen geneigt ist. Der Gesichtsausschnitt legt sich durch mässiges Andrücken des Apparates sehr genau an und verhindert jedes Abträufeln des Wassers. Dem Reflex von der geneigten Glasplatte entgeht der Beobachter leicht durch die passende Regulirung der Einfallsrichtung der Lichtstrahlen. Der Preis dieses Instrumentes übersteigt nicht 1 fl. C. M.

Erklärung der Abbildungen.

(Holzschnitte Seite 92.)

Fig. 1 *A* stellt das für das rechte Auge bestimmte Orthoskop dar; die natürlichen Dimensionen sind um mehr als das Dreifache verkleinert. *a, b, c, d* ist die vordere, *c, d, e, f* die äussere Glaswand; *a, b, g, h* die innere, *b, c, f, h* die untere Wand, an welcher letzteren der Ring *o* befestigt ist, der zum bequemeren Festhalten des Apparates dient. Die krumme Linie *ghf* ist der sogenannte Gesichtsausschnitt. Der Rand *ef* der äusseren Glaswand gehört im Grunde auch dazu. Der Rand *gh* kommt beim Anlegen des Apparates zwischen die Nase und den inneren Augenwinkel zu liegen, und reicht von dem oberen Augenhöhlenrande bis unter den unteren Der Ausschnitt *hf* ist der Krümmung des Wangen- und Oberkieferknochens conform, und wird längs des unteren Augenhöhlenrandes an die Wange angedrückt. Der hintere Theil der äusseren Glaswand (bei *ef*) liegt flach auf dem vorderen Theile der Schläfengegend auf, indem der Rand *cf* weiter nach rückwärts reicht als *bh*. Die Ausschnitte *fh* und *gh* erscheinen an dieser perspectivischen Zeichnung in der Verkürzung, und können daher richtig nicht ganz beurtheilt werden. Ich habe deshalb in Fig. 1 *B* die innere Wand in voller Ansicht gegeben, und in Fig. 2 eine Durchschnittszeichnung entworfen. Die punktirte Linie $\alpha\beta\gamma\beta'\alpha'$ entspricht der Begrenzung des Durchschnittes des Gesichtes in der Entfernung unterhalb der beiden Augenhöhlen, in welcher der hintere Rand der unteren Fläche des Apparates aufgesetzt wird. Der Vorsprung $\beta\gamma\beta'$ in der Mitte ist der Querschnitt der Nase. Den bei den Wangenkrümmungen $\alpha\beta$ (rechts) und $\alpha'\beta'$ (links) müssen nun die Ausschnitte *hf* und *h'f'* entsprechen, *hf* ist der Wangenausschnitt des rechten, *h'f'* jener des linken Orthoskops. Die untere Wand sowohl des rechten als des linken Orthoskops liegt in der Durchschnittsebene, kann also in ihrer natürlichen Gestalt dargestellt werden. Ich habe beide Wände so an den Durchschnitt des Gesichtes angezeichnet, wie sie sich beim Anlegen zum Gesichte verhalten. Man übersieht nicht nur das Verhältniss der Gesichtsausschnitte zu ihren Gesichtshälften, sondern auch zu einander.

VIII.

Ueber einen eigenthümlichen Schaltknochen im Augenhöhlendache des Menschen.

[*Zeitschr. f. wissensch. Zoologie etc. 1851. Bd. III. S. 27.*]

Hierzu Tafel 8.

Die Sammlung des physiologischen Institutes zu Breslau besitzt 1) den Schädel eines jugendlichen Individuums, welcher folgende bemerkenswerthe Missbildung zeigt.

In dem Winkel, wo das Keil-, Sieb- und Stirnbein gewöhnlich zusammenzustossen pflegen, findet sich an demselben — sowohl auf der rechten als auf der linken Seite — ein ansehnlicher Schaltknochen eingelagert, dessen obere Fläche gegen die Schädelhöhle, dessen untere in die Augenhöhle sieht. Der Schaltknochen stellt beiderseits ein dreieckiges Plättchen von nicht sehr regelmässigen Contouren dar und grenzt nach hinten an das Keilbein, nach innen an das Siebbein, und nach vorn und aussen an den horizontalen Theil des Stirnbeins.

In Fig. 1 *A* sind beide Schaltknochen, von der Schädelhöhle aus, in ihrer natürlichen Lage, Verbindung und Grösse abgebildet; das *Os ethmoidale* ist entfernt, die *Incisura ethmoidalis*, von hinten durch das Keilbein geschlossen, präsentirt sich als ein grosses, länglich viereckiges Loch.

Fig. 2 *A* giebt eine Ansicht der Schaltknochen von unten. Das Siebbein und sämmtliche Gesichtsknochen sind weggenommen.

Bei der Ansicht von oben (Fig. 1 *A*) tritt ein ganz eigenthümliches Verhältniss der Schaltknochen zu den kleinen Flügeln des Keilbeins, welche auf einer fast embryonalen Entwicklungsstufe stehend, ganz rudimentär angedeutet sind und erst durch Anlagerung der nach aussen gerichteten langen Fortsätze der Schaltknochen zur normalen Länge ergänzt werden, hervor, auf das wir später noch einmal zurückkommen.

Durch die Vergleichung der beiden Darstellungen (Fig. 1 A und Fig. 2 *A*) ergiebt sich, dass die Augenhöhlenfläche der Schaltknochen weit kleiner ist als ihre Schädelhöhlenfläche. Der Grund dieses Verhältnisses wird bei näherer Betrachtung der isolirten Schaltknochen und ihrer Verbindungsweise mit dem Nachbarknochen leicht erkannt, und beruht darauf, dass sich die Schaltknochen nach vorn und nach aussen einige Millimeter weit über den horizontalen Theil des Stirnbeins — ähnlich wie die Schuppe des Schlafbeins über den unteren Rand des Parietalknochens — herüberschieben.

Fig. 2 *B* stellt den isolirten Schaltknochen der linken Seite, von unten gesehen dar. Der ganze breite Saum zwischen *a, b, c, d, e* und *f, g, e* dient zur schuppennahtartigen Verbindung mit dem Stirnbein und liegt deckend auf dem horizontalen Theil desselben auf. Die Augenhöhlenfläche ist um diesen ganzen Saum kleiner als die der Schädelhöhle zugewendete Fläche des Schaltknochens.

Bei *a* und *b* hat der Saum einige scharfvorspringende Erhöhungen, welche in entsprechende Unebenheiten des Stirnbeins passen, und die Verbindung inniger machen.

Nahezu in der Mitte des Schaltknochens befindet sich eine ovale Lücke (bei *g*), welche, wenn Alles *in situ et nexu naturali* ist, durch einen Theil der *Pars horizontalis* des Stirnbeins bis auf eine kleine Spalte von unten her verschlossen wird.

Ebenso wie der linke verhält sich auch der rechte Schaltknochen (Fig 2 *C*) zum horizontalen Theil des Stirnbeins, welchen er mit dem (breiten, bei *b* gezähnelten) Rande zwischen *a b c d e* und *a f e* deckt und hierdurch gleichfalls eine Vergrösserung seiner Schädelhöhlenfläche setzt.

Nach hinten stossen die Schaltknochen an die kleinen Flügel des Keilbeins und verbinden sich mit denselben theils durch wahre Nähte, theils durch blosse Anlagerung, indem die innere Hälfte (links *h e*, rechts *g e*) des hintern Randes (rechts *g d*, links *h d*), der zur Verbindung mit den *Processus ensiformes* dient, unregelmässig ausgezackt und gezähnelt ist, während die äussere Hälfte (*e d*) glatt und scharf ausgeschnitten erscheint.

Die Enden der kleinen Keilbeinflügel passen und senken sich in diese glatten Ausschnitte am hintern Rande der Schaltknochen so vollständig ein, und die hintere Contour der ersteren geht so ganz ohne Unterbrechung in jene des freien, nach aussen gerichteten Fortsatzes der letzteren über, dass diese freien Fortsätze der Schaltknochen für die blos zufällig losgetrennten Endstücke der *Alae parvae* imponiren, und dass auf den ersten Blick die Vermuthung rege wird, es seien die

Schaltknochen wenigstens zum Theil aus demselben Bildungsmaterial entstanden, aus dem sonst die normal gebildeten *Alae parvae* erwachsen.

Die Berührungspunkte der Schaltknochen mit ihrem dritten Nachbarknochen, dem Siebbein, sind am wenigsten zahlreich. Der Schaltknochen der rechten Seite erreicht das Siebbein blos durch einen kleinen, nach unten und hinten gekrümmten Fortsatz (*a h*) und trägt zur Begrenzung der *Incisura ethmoidalis* nur sehr wenig bei. Der linke Schaltknochen steht durch einen ähnlichen Fortsatz (*f i*) und einige wenige Punkte seines inneren Randes, der sich nach vorn und innen über den horizontalen Theil des Stirnbeins vorschiebt, mit dem Siebbein in Verbindung; sein Antheil an der Begrenzung der *Incisura ethmoidalis* ist jedoch weit grösser, als der des rechten Schaltknochens, und beträgt fast die Hälfte des linken Randes der Incisur.

Durch den gekrümmten Fortsatz, welchen die Schaltknochen nach ab- und rückwärts schicken, entsteht an ihrem innern Rande je ein kleiner, rundlicher Ausschnitt, der durch die Anlagerung des Keilbeins von hinten und des Siebbeins von unten zu einem Loche — dem *Foramen ethmoidale posticum* — geschlossen wird.

Die eben beschriebene Missbildung, welche mein Interesse bezüglich ihrer Erklärung durch die Entwickelungsgeschichte der betreffenden Schädelgegend und bezüglich der Lehre von den Schaltknochen überhaupt lebhaft in Anspruch nahm, veranlasste mich, über die Häufigkeit ihres Vorkommens Nachforschungen anzustellen. Das anatomische Museum und die Sammlung des physiologischen Institutes in Breslau, deren Benutzung mir durch die Güte der Herren Professoren Purkinè und Barkow auf die liberalste Weise gestattet wurde, boten dazu Material genug.

Unter mehreren hundert Schädeln, die ich untersuchte, fanden sich nebst dem schon beschriebenen Falle nur noch 5 vor, an welchen die Schaltknochen, obschon von geringerer Grösse, vorhanden waren.[1] Ich lasse die specielle Beschreibung derselben folgen.

2) Schädel eines Erwachsenen. Die Schaltknochen sind auf beiden Seiten zugegen.

Der linke Schaltknochen besteht aus zwei getrennten Plättchen, einem grösseren, nach innen gelegenen und einem kleineren, nach

[1] Ich habe seither Gelegenheit gehabt, mehrere anatomische Museen, unter andern das in Würzburg, zu durchsuchen, fand jedoch in keinem derselben Schädel mit diesem Schaltknochen, so dass ich annehmen muss, dass sie nicht allzu häufig vorkommen.

aussen gelagerten, welche beide zusammengenommen und als eins betrachtet, beinahe die Gestalt eines Kreissegmentes haben.

Die Sehne des Kreissegmentes ist nach hinten gerichtet und grenzt an das Keilbein; das halbkreisförmige Stück der Peripherie sieht hingegen nach vorn und stösst an das Siebbein und die *Pars horizontalis* des Stirnbeins.

Der Schaltknochen der rechten Seite stimmt in Gestalt, Lage und Begrenzung mit dem der linken Seite ganz überein; nur ist er etwas kleiner und nicht in zwei ungleich grosse Plättchen getrennt, sondern einfach.

Die Länge der Schaltknochen beträgt beiderseits 0,9 cm., die Breite links 1,5 cm, rechts 1,2 cm.

Ein weiterer Unterschied zwischen beiden Schaltknochen findet noch darin statt, dass der rechte einen geringeren Antheil an der Begrenzung des *Foramen ethmoidale posticum* hat, als der linke.

Das *Foramen ethm. post.* auf der rechten Seite wird nämlich durch drei Knochen, gerade so wie in dem oben beschriebenen Falle, gebildet, während das *Foramen ethm. post.* der linken Seite durch den Zusammentritt nur zweier Knochen zu Stande kommt, indem das grössere, nach einwärts gelegene Stück des Schaltknochens dieser Seite von dem inneren Rande einen langen, gekrümmten Fortsatz nach unten und hinten schickt, welcher unmittelbar an das Keilbein stösst und auf diese Weise den oberen Rand der Papierplatte des Siebbeins von der Begrenzung des *Foramen ethm. post.* gänzlich ausschliesst.

Die Verbindung der Schaltknochen mit dem Keil- und Siebbein wird beiderseits durch mehr oder weniger ausgesprochene wahre Nähte vermittelt; die Verbindung mit dem horizontalen Theil des Stirnbeins ist hingegen schuppennahtartig und kommt dadurch zu Stande, dass sich die Schaltknochen u n t e r die *Pars horizontalis* nach vorn verlängern und nicht wie im obigen Falle ü b e r dieselbe herüberschieben.

Die Augenhöhlenfläche der Schaltknochen ist demnach etwas grösser als die Schädelhöhlenfläche.

3) Schädel eines Erwachsenen. Die Schaltknochen sind auf beiden Seiten vorhanden und entsprechen in ihren anatomischen Verhältnissen fast vollkommen jenen des unter 1) beschriebenen Falles.

Bemerkenswerth und etwas abweichend ist jedoch die Beziehung des linken Schaltknochens zum *Foramen eth. post.*, welches mit Ausschluss aller übrigen Knochen einzig und allein von ihm begrenzt und gebildet wird. Von der Augenhöhle aus gemessen beträgt die Länge sowohl als die grösste Breite dieses Schaltknochens 1,3 cm.

4) Schädel eines Erwachsenen. Blos auf der l i n k e n Seite ist in

dem Winkel zwischen dem Keil-, Sieb- und Stirnbein ein 1,3 cm langer und 1,1 cm breiter, unregelmässig gestalteter Schaltknochen eingelagert.

Seine Augenhöhlenfläche hat ganz andere Umrisse als die Schädelhöhlenfläche.

Von seinem innern Rande geht ein kurzer, ziemlich starker Fortsatz nach abwärts, welcher sich an den obern Rand der Papierplatte des Siebbeins anlegt und an seiner Ursprungsstelle durch einen vorderen und einen hinteren halbkreisförmigen Ausschnitt verengt ist. Der vordere Ausschnitt wird durch einen ähnlichen Ausschnitt am Rande der Papierplatte mit Ausschluss des Stirnbeins zu einem *Foramen ethmoidale medium* geschlossen, während der hintere durch den Hinzutritt des Sieb- und Keilbeins zum eigentlichen *Foramen ethmoidale posticum* umgewandelt wird.

5) Schädel eines jugendlichen Individuums. Der Schaltknochen findet sich nur auf der rechten Seite. Er ist dick aufgetrieben und spongiös, wie sämmtliche Knochen der vorderen Region der Schädelbasis, seine untere Fläche hat die Gestalt eines in die Quere gezogenen Vierecks mit abgerundeten Winkeln; seine obere, grössere Fläche ist nach vorn durch eine wellige Contour halbkreisförmig abgerundet, nach hinten quer abgestutzt. In der Mitte seines hintern Randes befindet sich eine einspringende Spalte, welche in Folge der Anlagerung des *Processus ensiformis* des Keilbeins ein schräg von unten und aussen nach innen und oben verlaufendes Kanälchen darstellt.

Das *Foramen ethm. post.* ist eine grosse, unregelmässige Spalte, welche nach vorn durch einen vom innern Rande des Schaltknochens nach unten absteigenden, gekrümmten Fortsatz, nach hinten durch das Keilbein und nach unten durch das Siebbein begrenzt wird.

Der Schaltknochen steht, wie alle schon beschriebenen, mit dem Keil-, Sieb-, und Stirnbein in Verbindung. Seine grösste Länge beträgt 2 cm, die grösste Breite 2,3 cm und die Dicke 0,5 cm.

6) Schädel eines Erwachsenen. Auf der linken Seite ist ein Schaltknochen vorhanden. Seine Gestalt ist länglich viereckig; er hat eine Länge von 1,1 cm, eine Breite von 0,7 cm und ist mit seinem grössten Durchmesser schräg von innen und hinten nach vorn und aussen gelagert. Das Keil-, Sieb- und Stirnbein sind seine Nachbarknochen; unter das erstere schiebt er sich einige Millimeter weit herunter und sieht durch eine Lücke desselben hervor; er bildet auch mit den beiden letzteren keine wahren Nähte.

Das *Foramen ethm. post.* ist nach oben durch den Schaltknochen, nach unten durch das Siebbein, nach hinten durch das Keilbein be-

grenzt. Der Schaltknochen deckt nämlich einen Ausschnitt im obern Rande der Papierplatte des Siebbeins und ist an seinem innern Rande ganz flach und eben.

Aus dem bisher Mitgetheilten geht hervor, dass im Augenhöhlendache des Menschen ein eigenthümlicher Schaltknochen, — obschon nicht allzuhäufig — vorkomme, welcher sowohl paarig, als unpaarig, d. h. auf beiden Seiten, oder nur auf der rechten oder der linken Seite zugegen sein kann.

In drei Fällen habe ich ihn paarig gefunden, in zwei Fällen nur auf der linken, in einem nur auf der rechten Seite. Es ist auffallend, dass in den drei erstgenannten Fällen der Schaltknochen der linken Seite von bedeutenderer Entwicklung war, als der der rechten Seite.

Werfen wir einen vergleichenden Blick auf sämmtliche oben beschriebene Schaltknochen, so sind als charakteristische, ihnen allen zukommende anatomische Verhältnisse besonders hervorzuheben:

1) ihre Einlagerung zwischen das Keil-, Sieb- und Stirnbein, mit welchem letzteren sie sich durch eine mehr oder weniger ausgesprochene Schuppennaht verbinden;

2) ihr Antheil an der Bildung der oberen Wand der Augenhöhle und des Bodens der vordern Schädelgrube; und

3) ihre Beziehung zum *Foramen ethmoidale posticum*, an dessen Begrenzung sie einen wesentlichen, wiewohl nicht gleichgrossen Antheil nehmen. Das *Foramen ethm. post.*, welches, beiläufig gesagt, meist nicht ein *Foramen*, sondern ein *Canalis* genannt zu werden verdiente, wird nämlich gegen die Augenhöhle zu entweder durch den Schaltknochen allein, mit Ausschluss aller andern Knochen, begrenzt, oder durch den Schaltknochen und das Keilbein, oder endlich durch drei Knochen, das Keilbein, das Siebbein und den Schaltknochen.

Verschiedenheiten zwischen den Schaltknochen finden sich bezüglich der Grösse, der Gestalt und der Verbindungsweise mit den Nachbarknochen.

Um über die Bedeutung und Entstehung dieser Schaltknochen ins Klare zu kommen, ist es nothwendig, sich die früheren Entwicklungsphasen der vorderen Schädelgegend, d. h. die embryonalen Verhältnisse des Keil-, Sieb- und Stirnbeins zu vergegenwärtigen.

Vor allem muss festgestellt werden, dass von diesen drei Knochen das Keilbein und Siebbein im Embryo knorpelig präformirt, Theile des Knorpelschädels sind, während das Stirnbein nicht knorpelig vorgebildet ist und nicht zum Primordialcranium gehört, und dass somit der Schaltknochen nur entweder aus einem Theil des Knorpelschädels

jener Region oder aus dem Bildungsmaterial des Stirnbeins oder aber aus beiden zugleich entstanden sein kann. Der letzte Fall wäre ganz gut denkbar und hätte in der Entwicklungsweise der Schuppe des Hinterhauptbeins, welche wie bekannt zum Theil aus Knorpel, zum Theil nicht aus Knorpel, wenigstens nicht aus wahrem Knorpel entsteht, ein Analogon.

Das vordere Ende des Knorpelschädels, das sich durch Ossification zu dem Keilbein und Siebbein umwandelt, hat schon sehr früh eine den aus ihm entstehenden Knochen ziemlich ähnliche Form und Gestalt. Eine Verschiedenheit zwischen den ausgebildeten Knochen und ihrer knorpeligen Grundlage liegt jedoch einmal in der verhältnissmässig sehr bedeutenden Länge der knorpeligen *Alae parvae*, und zweitens in dem Vorhandensein eines später verschwindenden, ziemlich breiten Knorpelstreifens, welcher, den Frontalplatten des Primordialcraniums der Thiere entsprechend, beiderseits von den seitlichen Rändern der knorpeligen *Lamina cribrosa* entspringt und schräg nach hinten und aussen über die hintere und innere Partie des Augenhöhlendaches gegen die Mitte der *Alae parvae* zieht, mit diesen verschmilzt, und so die Veranlassung zur Bildung einer queren Lücke (das sogenannte *Foramen sphenofrontale*) giebt, welche nach innen durch den Ethmoidalknorpel begrenzt wird.

Hier wie in seiner ganzen übrigen Ausdehnung ist der Knorpelschädel von einem mehr oder weniger starken Perichondrium überzogen und umkleidet, welches an bestimmten Punkten unmittelbar in das Periost der sogenannten Belegknochen übergeht.

Die *Pars horizontalis* des sich bildenden Stirnbeins schiebt sich, umkleidet von ihrem Periost, mit ihrem hinteren Rande unter jenem Knorpelstreifen — der Frontalplatte — bis gegen die *Ala parva* nach rückwärts und grenzt mit ihrem inneren Rande an den Ethmoidalknorpel. Ueber das Verhältniss des Periosts und Perichondriums an dieser Stelle, wo das Stirnbein unter der Frontalplatte liegt, liesse sich etwa folgende Anschauung aufstellen: man könnte annehmen, dass sich die obere Platte des Periosts des Stirnbeins zur Aufnahme der Frontalplatte in zwei Lamellen spalte, von denen die obere zum Perichondrium (der oberen Fläche der Frontalplatte) wird, während die untere als trennende Lage zwischen Knorpel und werdendem Knochen sowohl Periost als Perichondrium ist.

Die Frontalplatte und der unter derselben liegende Theil der *Pars horizontalis* des Stirnbeins entsprechen bezüglich ihrer Lage und ihres Verhältnisses zu den Nachbargebilden vollkommen der Lage und der Begrenzung des Schaltknochens; — sie sind das einzige gegebene

Bildungsmaterial, aus dem der Schaltknochen möglicherweise entstanden sein kann.

Wir wiederholen, was oben vorläufig über die Qualität der Anlage, aus der sich der Schaltknochen herausbilden kann, gesagt wurde, indem wir jetzt speciell die Theile bezeichnen:

1) Der Schaltknochen ist entweder die in grösserer oder kleinerer Ausdehnung ossificirte Frontalplatte oder

2) ein losgetrenntes Stück der *Pars horizontalis* des Stirnbeins, oder endlich

3) Beides zugleich.

Im weiteren Verlauf der normalen Entwicklung des Schädels ändert sich durch die Ossification und andere Vorgänge manches embryonale Verhältniss, — so auch das vorhin beschriebene.

Die Metamorphose, die mit und in den verschiedenen Partieen des Knorpelschädels vorgeht, ist, wie man annimmt, eine dreifache: der grösste Theil des Primordialcraniums ossificirt; ein kleiner Theil bleibt längere Zeit (die Knorpelscheibe zwischen dem Körper des Keilbeins und dem Körper des Hinterhauptbeins), oder für immer (*Septum narium cartil.*) knorpelig; ein dritter Theil endlich hat blos eine vorübergehende Bedeutung und verschwindet ganz und gar.

Die Frontalplatten und die äussersten Spitzen der *Alae parvae* gehören zu jenen Partieen des Knorpelschädels, welche später nicht mehr nachzuweisen sind, und von denen wohl angenommen werden muss, dass sie durch irgend einen Vorgang verschwinden. Der horizontale Theil des Stirnbeins ist somit später nicht mehr von der Frontalplatte bedeckt und trägt in seiner ganzen Ausdehnung zur Bildung des Bodens der vordern Schädelgrube bei.

Dies der normale Fortbildungsprocess. Die Entstehung eines Schaltknochens ist immer etwas Abnormes und setzt einen eigenthümlichen Entwicklungsvorgang voraus; so auch das Vorhandensein unsres Schaltknochens.

Unter den vorliegenden Verhältnissen kann der normale Fortbildungsprocess in mehrfacher Beziehung ein anderer werden. Es lässt sich nämlich denken, dass abnormerweise Ossificationspunkte in die Frontalplatte niedergelegt werden — denn sie ist ebensogut knorpelig, als die übrigen ossificirenden Theile des Primordialcraniums. Die ganz oder theilweise ossificirte Frontalplatte würde dann, statt zu verschwinden, selbständig auftreten, und es käme nur auf ihr Verhältniss zur *Pars horizontalis* des Stirnbeins an, ob sie einen Schaltknochen bilden oder zu dessen Entstehung beitragen könne. Wenn der unter

der abnorm ossificirenden Frontalplatte liegende Theil der *Pars horizontalis* des Stirnbeins aus irgend einem Grunde nicht verknöchert, so kann die Frontalplatte allein den Schaltknochen darstellen; wenn sich die *Pars horizontalis* wie gewöhnlich entwickelt, so ist die Möglichkeit gegeben, dass die Frontalplatte entweder mit ihr vollständig und spurlos verschmilzt (was gar nicht so selten vorkommen mag, nur ist es später nicht nachzuweisen) oder als eine Knochenschuppe persistirt; wenn endlich das Stück der *Pars horizontalis*, welches von der ossificirenden Frontalplatte bedeckt wird, ebenfalls verknöchert, sich aber von dem Stirnbein als selbständiges Plättchen lostrennt und mit der Frontalplatte zu einem Knochen verschmilzt: so entsteht ein Schaltknochen, zu dessen Bildung die Frontalplatte sowohl als das Stirnbein beitragen.

Es liesse sich auch denken, dass die Frontalplatte wie gewöhnlich verschwindet, während sich vom horizontalen Theil des Stirnbeins hingegen ein Schüppchen lostrennt, das als selbständiger Schaltknochen persistirt.

Das Abnorme im Fortbildungsprocess, welches die Bedingung des Entstehens eines Schaltknochens ist, geht demnach hier entweder in der weiteren Entwicklung des Stirnbeins allein, oder der Frontalplatte allein, oder aber beider zugleich vor sich.

Dass die Frontalplatte in der That ossificiren könne, was schon a priori zugegeben werden darf, ergiebt sich einmal daraus, dass die *Alae parvae* namentlich an der Stelle, wo sie mit ihr in Verbindung stehen, sehr wechselnde Umrisse haben, bald schmäler, bald breiter sind, — und zweitens, dass an manchen Kinderschädeln, deren Frontalplatten entweder schon verschwunden, oder noch nachweisbar sind, zwischen den fibrösen Lamellen, die dieselben früher einschlossen, oder in dem Knorpel selbst hier und da verschieden grosse Knochen-Schüppchen und -Kerne gefunden werden.

Es kommt nun darauf an, sich für einen der oben besprochenen abnormen Entwickelungsvorgänge zu entscheiden, um über die Bedeutung unsres Schaltknochens eine feste Anschauung zu gewinnen. Man darf hierbei aber nicht vergessen, dass in den sechs eingangs beschriebenen Fällen nur die Resultate abgelaufener Bildungsprocesse vorliegen, und dass somit keine directen Anhaltspunkte für das Urtheil gegeben sind, sondern ein mehr oder weniger precärer Schluss gewagt werden muss.

Die einzigen Prämissen zu diesem Schluss ergeben sich, meiner Ansicht nach, aus der Vergleichung der Schaltknochen mit den Fron-

talplatten bezüglich der Form, Ausdehnung, Lage, Verbindungsweise und des Verhältnisses zu den Nachbargebilden.

Von den sechs beschriebenen Fällen scheint mir nur der erste geeignet zur Entscheidung der Frage.

Betrachtet man die in Fig. 1 *A* von der Schädelhöhle aus in ihrer natürlichen Lage und Verbindung abgebildeten Schaltknochen, und vergegenwärtigt sich zugleich die embryonalen anatomischen Verhältnisse dieser Schädelgegend, — die von den Seitenrändern der knorpeligen *Lamina cribrosa* zu den knorpeligen, kleinen Keilbeinflügeln schräg über den horizontalen Theil des werdenden Stirnbeins herüberziehenden und mit ihnen verschmelzenden Frontalplatten, die vom äussern Umfang des *Foramen opticum* aus gegen die freien Spitzen hin fortschreitend verknöchernden *Alae parvae* u. s. w. —, so wird man die frappante Uebereinstimmung der Schaltknochen mit der Frontalplatte in ihren anatomischen Verhältnissen wohl nicht leicht verkennen. Drei Punkte will ich noch besonders hervorheben: nämlich die schuppennahtartige Verbindung der Schaltknochen mit dem Stirnbein, ihr Verhältniss zu den *Alae parvae*, und drittens den grossen Antheil des linken Schaltknochens an der Begrenzung der *Incisura ethmoidalis*.

Die Verbindungsart der Schaltknochen mit dem horizontalen Theil des Stirnbeins stimmt vollkommen mit der Lage der Frontalplatte über demselben überein; das Heranreichen des langen innern Randes des linken Schaltknochens bis an die *Lamina cribrosa* entspricht dem Ursprunge der Frontalplatte von den Seiten des Ethmoidalknorpels; das Verhältniss zu den *Alae parvae* endlich (siehe die Beschreibung) beweist mit fast apodiktischer Gewissheit, dass Theile des Knorpelschädels, und zwar die Spitzen der knorpeligen *Alae parvae*, mit zur Bildung der Schaltknochen verwendet wurden.

Nach dem Allen scheint es ziemlich fest zu stehen und mehr als wahrscheinlich zu sein, dass wenigstens der Theil der Schaltknochen, welcher in die Schädelhöhle sieht, durch die Ossification und die weitere Entwickelung der Frontalplatten und der Enden der knorpeligen *Alae parvae* entstanden sei. Jedenfalls hat diese Anschauung die meisten Chancen. Minder wahrscheinlich ist es jedoch, dass auch der in die Augenhöhle sehende Theil der Schaltknochen als ossificirter Knorpel anzusehen sei, und es spricht namentlich der Umstand dagegen, dass sich gleich zu Anfang das werdende Stirnbein weit unter die Frontalplatte herunterschiebt. Annehmbarer scheint es mir, diesen Theil als ein losgetrenntes Stück der *Pars horizontalis* des Stirnbeins aufzufassen, welches von unten an die ossificirte Frontalplatte angewachsen ist.

Hiermit haben wir uns für jenen abnormen Entwickelungsvorgang erklärt, welcher die Entstehung der Schaltknochen durch die Verknöcherung eines Theiles des Knorpelschädels und Verwachsung desselben mit einem abgetrennten Stück des Stirnbeins bedingt.

Es bliebe noch das Verschwinden des *Foramen sphenofrontale* zu motiviren. Ich vermuthe, dass sich der vordere und der hintere Rand dieser Spalte in Folge der fortschreitenden Ossification bis zur Berührung genähert haben (vielleicht auch theilweise verwachsen sind), und zu dem innern Theil der Naht zwischen dem Schaltknochen und dem *Processus ensiformis*, welche, wenn auch nicht ihrem Umrisse, doch ihrer Lage nach, dem *For. sphenofrontale* entspricht, verwandelt wurden, während das innere Ende des *For. sphenofrontale* offen blieb und nun das *For. ethmoidale posticum* darstellt.

Was nun die in den übrigen fünf Fällen beschriebenen Schaltknochen betrifft, so sind sie zu wenig entwickelt, und ihr Verhältniss zu den Nachbarknochen nicht genug ausgesprochen, als dass ihre Bedeutung mit einiger Sicherheit festgestellt werden könnte; dennoch dürfte nach dem über die ersten beiden Schaltknochen bemerkten die Meinung, dass auch sie theilweise der Ossification der Frontalplatte ihren Ursprung verdanken, einen festern Boden bekommen, obschon sich übrigens nicht viel dagegen einwenden liesse, wenn man diese kleineren, minder entwickelten Schaltknochen blos für abgetrennte Plättchen des horizontalen Theils des Stirnbeins halten wollte.

Würzburg im Januar 1850.

IX.

Beschreibung und mikroskopische Untersuchungen von Mumien.

[1. Zweier ägyptischer Mumien, — Sitzungsber. d. k. Acad. d. Wissensch. in Wien. 1852. Octoberheft, Bd. IX. S. 427;

2. eines Mumienarmes aus dem Caveau de St. Michel, — Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1854. Bd. VI. S. 298.]

(Hierzu Taf. 9).

1.

Durch die gütige Vermittelung des Herrn Hofrathes Sacher-Masoch erhielt das physiologische Institut in Prag aus der Sammlung des böhmischen Museums zwei ägyptische Mumien zum Geschenke. Als Assistent des genannten Institutes hatte ich Gelegenheit, diese beiden Antiquitäten, welche mein Interesse in vielfacher Beziehung erregten, genauer zu untersuchen. Was ich gefunden und beobachtet habe, ist in Folgendem mitgetheilt, und wird, wie ich hoffe, als ein Beitrag zur Vervollständigung der Kenntnisse von den Mumien Aegyptens nicht unwillkommen sein. Ueber den Fundort und die übrigen Verhältnisse unserer beiden Exemplare habe ich leider nichts ermitteln können, was in archäologischer Beziehung von Bedeutung wäre. Man weiss von ihnen nur, dass sie zu sehr verschiedenen Zeiten nach Prag gebracht wurden und seit einer langen Reihe von Jahren im Besitze des böhmischen Museums sind. In unser Institut kamen sie im Frühjahr 1851, verpackt in einer einfachen Kiste. Der Sarkophag, welcher die eine der Mumien eingeschlossen haben soll, ist in der Sammlung des Museums geblieben.

I.

Die grössere der beiden Mumien war noch vollständig in ihren Binden eingewickelt. Es mochten höchstens die oberflächlichsten fehlen, welche vielleicht auch in diesem Falle beschrieben und verziert waren (Zierbinden).

Die kleinere Mumie hingegen musste schon früher einmal einer ziemlich rohen Untersuchung unterlegen sein und war zum Theil abgewickelt und zerbrochen. Sie erschien weniger gut conservirt, woran wohl die Zerstörung des Zusammenhanges und der Einfluss des wechselnden Klimas die meiste Schuld haben mag. Der Kopf war bei jener früheren Untersuchung vom Rumpfe getrennt, das Gesicht bis auf die Knochen entblösst und der Thorax von hinten geöffnet worden. Sämmtliche Hals-, fast alle Brustwirbel nebst den Rippen, dem Brustbeine, den Schulterblättern und Schlüsselbeinen fehlten, so dass in der Brustgegend nichts übrig blieb, als vorne die über einen Zoll dicke Lage der einhüllenden Binden, welche seitlich die beiden Arme in ihrer ursprünglichen Stellung mit einschloss. In der Bauchgegend war ein tiefes Loch in die Hüllen gegraben; wahrscheinlich hatte man damals nach einer Papyrus-Rolle oder sonst einer Beigabe gesucht.

Die Art der Einwickelung konnte ich namentlich an der grösseren Mumie genau studiren. Es folgte, Lage auf Lage, bald eine Menge schmaler Binden, regelmässig und symmetrisch gewickelt, bald ein grösserer Lappen, der sich über ganze Körpertheile ausdehnte und hie und da Ballen von Fetzen überdeckte, mit welchen die übriggebliebenen Vertiefungen ausgestopft waren. Ueber die verschiedenen Arten der Wicklung sind schon von mehreren Autoren, welchen ein grösseres Material zu Gebote stand, sehr detaillirte Angaben gemacht worden, und ich verweise um so mehr auf dieselben, als ich über diesen Punkt nichts Neues beizubringen wüsste.

Die Menge des zur Einwickelung einer Mumie verwendeten Materials ist sehr bedeutend und es muss die für die Hunderttausende von Mumien aufgebrauchte Gesammtmenge eine abenteuerliche Summe geben. Nach der Masse, die ich selbst von der grösseren Mumie abgewickelt habe, kann ich die Angabe des bekannten Reisenden F. W. Sieber[1]), nach welcher 500 bis 4000 Ellen Stoff verbraucht wurden, nicht für übertrieben halten.

Das Gewebe der Lappen und Binden, in welche unsere beiden

[1] F. W. Sieber: Beschreibendes Verzeichniss der in den Jahren 1817 und 1818 auf einer Reise durch Creta, Aegypten und Palästina gesammelten Alterthümer etc., nebst einer Abhandlung über ägyptische Mumien. Wien 1820.

Mumien eingewickelt waren, ist ziemlich grob, aber sehr gleich gearbeitet. Ich habe die Fasern desselben mikroskopisch und chemisch untersucht. Sie waren nicht platt und drehten sich unter Wasser nicht spiralig zusammen, wie die Fasern der Baumwolle; sie waren vielmehr gerade gestreckt rundlich, und stimmten auch sonst mit den Bastzellen des Leines und des Hanfes überein. Im Durchschnitt haben sie einen Durchmesser von 0,006—0,008 Wiener Linien, doch kommen auch dickere von 0,012‴ und viel feinere von 0,004‴ vor. Mit Iod und Schwefelsäure behandelt, quollen die Fasern rasch auf und färbten sich schön blau; der Primordialschlauch setzte sich sehr deutlich als ein braungelber Faden von den blauen Verdickungsschichten ab, welche in ziemlich regelmässigen Abständen ringförmig eingeschnürt waren. Das Verhalten gegen diese Reagentien unterscheidet die Fasern nun auch von jenen des Hanfes und vervollständigt ihre Uebereinstimmung mit denen des Leins. (Vgl. Die Pflanzenzelle, der innere Bau und das Leben der Gewächse von Dr. Schacht, Berlin 1852, S. 214—217; ferner Taf. IX, Fig. 10). Demnach muss ich das fragliche Gewebe an unseren Mumien für Leinwand erklären.

Jomard[1]) findet zwar (wie er glaubt in Uebereinstimmung mit Herodot, welcher überall, wo von dem Zeuge zum Einwickeln der Mumien die Rede ist, den Ausdruck *Byssus* braucht), dass das Gewebe durchgängig aus Baumwolle gemacht sei, allein er gibt doch auch eine Ausnahme von der Regel zu. Die Mumien aus den Katakomben von Philae sind nämlich nach seiner Beschreibung in überaus grobe Flachsleinwand gewickelt. Rouyer[2]) behauptet entgegen Caylus und Rouelle, dass das Gewebe nicht immer ein Baumwollenstoff, sondern sehr häufig Leinwand sei. Gerade die mit mehr Sorgfalt behandelten Mumien, so auch jene des Ibis, sind nach ihm meist in Leinwand eingewickelt.

Thomson und Bauer[3]) endlich wollen bei der mikroskopischen Untersuchung einer überaus grossen Menge von Proben der verschiedensten Gewebe, welche an den Mumien gefunden wurden, auch nicht eine Baumwollenfaser erkannt haben und erklären alles Mumienzeug für Leinwand, den *Byssus* der Alten aber demgemäss für Flachs. (Vgl. hierüber bes. C. Ritters: Ueber die geograph. Verbreitung der Baumwolle und ihr Verhältniss zur Industrie der Völker alter und neuer Zeit, I. Abschnitt, S. 19. Berlin 1852, bei Dümmler).

[1] Description de l'Egypte, seconde édition. Paris 1821, tom. III, p. 71.

[2] Description de l'Egypte, seconde édition. Paris 1822, tom. VI, p. 477.

[3] Thomson: Ueber das Gewebe an den ägyptischen Mumien. Liebig's Ann. Band 69.

Von Papyrus-Rollen, Amuleten und dgl., fand ich weder bei der grösseren noch bei der kleineren Mumie eine Spur; es wäre denn eine lose um den linken Oberarm der ersteren gebundenes Strickchen, von welchem in keiner der mir bekannten einschlägigen Schriften Erwähnung geschieht, hierher zu rechnen. Die kleinere Mumie könnte möglicher Weise schon früher dieser Dinge beraubt worden sein. Uebrigens sind namentlich die Papyrus-Rollen selten genug und scheinen nur besonders ausgezeichneten Personen, unter welche unsere beiden Mumien wohl nicht gehört haben, beigegeben worden zu sein. Es darf desshalb gar nicht Wunder nehmen, wenn diese interessanten Beigaben fehlen.

Nach völliger Enthüllung ergab sich die grössere Mumie als der Körper eines erwachsenen weiblichen Individuums, die kleinere als der eines Knaben von etwa 15 Jahren. Ich habe schon oben angegeben, in welchem Zustande sich die kleinere Mumie befand, als ich sie zur Untersuchung bekam. Trotz der beschriebenen Zerstörung war ich jedoch nichts destoweniger im Stande, die wesentlichsten Verhältnisse mit Sicherheit zu ermitteln. Zum Theil verdanke ich gerade diesem Umstande einige wichtige Aufschlüsse, über die Erhaltung der Structur verschiedener Gewebe, welche nur durch die, an diesem Exemplare eben gestattete, rücksichtslosere Untersuchung zu erhalten waren.

Die Grösse des Knaben vom Scheitel bis zur Sohle habe ich annähernd auf 1,35 m bestimmt.

Die Stellung, in welcher derselbe mumificirt und eingewickelt worden war, liess sich aus der relativen Lage der vorhandenen Theile im Allgemeinen ganz gut erkennen. Ob der abgetrennte Kopf auf der nicht mehr vorhandenen Halswirbelsäule etwas nach vorne geneigt war, konnte freilich auf keine Weise ermittelt werden, ist aber wohl mit einiger Wahrscheinlichkeit vorauszusetzen. Der Rumpf und die Beine sind gerade gestreckt; die letzteren einander wohl genähert doch nicht bis zur Berührung, indem zunächst nicht nur jedes Bein, sondern auch jeder Fuss für sich mit Leinwand umwickelt worden war[1]. Die Arme sind gleichfalls gerade gestreckt, dabei aber nach vorne und einwärts gerichtet, so dass sich die Hände über der Schoossgegend kreuzen. Nach SIEBER (a. a. O., S. 18) findet man gewöhnlich daselbst, zwischen den zusammengeneigten Händen, jene merkwürdigen Papyrus-Rollen, welche die Biographie des Verstorbenen

[1] Selbst jede einzelne Zehe fand ich mit Bindfaden umwickelt. Aehnlich berichtete JOMARD (a. a. O., S. 70) u. A.

enthalten sollen; seltener trifft man sie in den Achselgruben oder an den Füssen an — falls sie überhaupt vorhanden sind.

Die Haut und die von ihr bedeckten Weichtheile waren zu mehr oder weniger dicken pergamentartigen Schienen zusammengetrocknet, welche aussen schmutzig dunkelbraun, auf der Innenfläche hellbraun, ja selbst weisslich gefärbt erschienen, und vielfach geborsten, den Knochen fast überall nur lose auflagen. Die äusseren Geschlechtstheile waren auffallend gut conservirt. Namentlich der Penis, welcher seine eigene, einfache Hülle und um diese, der Eichel entsprechend, einen abziehbaren Ring von Leinwandstreifen hatte, zeigte sich vollkommen erhalten. Seine Länge betrug über 4 cm, seine Dicke etwa 1 cm, die Lichtung der Harnröhre 1 mm. Die Glans war nicht abgesetzt, doch konnte ich auch von einem Präputium nichts bemerken, welches den freien Rand derselben hätte überdecken können. Uebrigens hat man in Aegypten, wie es scheint ganz allgemein, an den 14jährigen Knaben die Beschneidung vorgenommen[1], und der Mangel der Vorhaut würde nur darauf hindeuten, dass dieser Knabe über 14 Jahre alt war. An Querschnitten des Penis, welche in Wasser aufgeweicht waren, konnte ich die *Corpora cavernosa penis* und den Schwellkörper der Harnröhre mit unbewaffnetem Auge deutlich unterscheiden.

Von einer Vergoldung oder Färbung der Genitalien war durchaus nichts wahrzunehmen. Der Mangel dieser sonderbar angebrachten Verzierung zeugt entweder für die wenig ausgezeichnete sociale Stellung des betreffenden Individuums, oder es erklärt sich derselbe durch das jugendliche Alter des Mumificirten. Möglicher Weise könnte dies Exemplar aber auch aus einer Zeit stammen, wo das Vergolden und Färben der Cadaver noch nicht oder nicht mehr Mode war.

Die vordere Bauchwand hatte, offenbar durch die erwähnte Zerstörung der deckenden Binden, sehr gelitten und brach trotz der vorsichtigen Behandlung ein. Ich kann desshalb nicht mit Bestimmtheit angeben, ob in derselben eine Oeffnung, behufs der Entfernung der Eingeweide, bestanden hat oder nicht.

In der Beckenhöhle fand ich eine schwarze, poröse, schlackenartige Masse, welche auf dem durch eine grosse Oeffnung in der Dammgegend hereingestopften Leinwandpfropf aufsass und nach vorne in

[1] Jomard citirt als Gewährsmann für diese Sitte der alten Aegypter den heiligen Ambrosius (a. a. O., S. 83), welcher, bezüglich der Mädchen, ähnliches berichtet: »... *et feminae apud eos eodem anno* (*sc. decimo quarto*) *circumcidi feruntur; quod ab eo videlicet anno incipiat flagrare passio virilis et feminarum menstrua sumant exordia*«.

beide *Foramina obturata* reichte. Die hintere obere Partie dieser Schlacke nahm eine compacte aber weichere, braungefärbte Substanz ein.

Die fraglichen Massen, welche offenbar anstatt der Eingeweide in den Bauch gebracht worden waren, füllten die Beckenhöhle nicht ganz aus, und lagen ziemlich lose in dem bezeichneten Raume, so dass ihre Entfernung keine Schwierigkeiten verursachte. Auf dem Platinblech geglüht, verflüchtigten sie sich bis auf einen unbedeutenden Rückstand.

Von den Weichtheilen des Kopfes war nach jener früheren, rohen Untersuchung nichts übrig geblieben, als die pergamentartig zusammengetrocknete Kopfschwarte und die beiden sehr wohl erhaltenen, 45 mm langen und 28 mm breiten, zierlich gerundeten Ohren, an welchen *Helix* und *Antihelix*, die *Crura furcata*, *Tragus* und *Antitragus* mit aller Deutlichkeit zu sehen sind.

Die Lage des Ohres bietet ebenso wenig als jene des äusseren Gehörganges die geringste Abweichung von der Norm dar. Es ist bekannt, dass man eine Zeit lang die höhere Lage des Ohres, welche in den Darstellungen der bildenden Künste Aegyptens oft bis zur Caricatur gesteigert ist, als eine Eigenthümlichkeit im ethnographischen Charakter der alten Aegypter angesehen hat. Nach MORTON's[1]) ausgedehnten Untersuchungen, mit welchen meine Beobachtungen an unseren beiden Mumien übereinstimmen, ist der knöcherne äussere Gehörgang weder höher noch tiefer angebracht, als bei anderen Racen. Die höhere Lage des Ohres, falls sie die natürliche Erklärung des schon von WINKELMANN an den menschlichen Darstellungen der alten Aegypter bemerkten Proportionsfehler wirklich abgeben sollte, könnte sich demnach nur auf die äusseren knorpeligen Theile beziehen. Aber auch diese zeigen durchaus nichts Abweichendes, weder in der Gestalt noch in der Lage. MORTON bemerkt zwar, dass sich durch das Zusammentrocknen der Weichtheile das Lagenverhältniss des Ohres an den Mumien etwas geändert haben könnte, allein er scheint, mit Recht, selbst nicht viel Gewicht auf diesen Einwurf gelegt zu haben. Uebrigens führt er auch an, dass der besprochene Fehler in der Zeichnung, an den Köpfen aller Nationen, welche auf den ägyptischen Gemälden vorkommen, häufig zu sehen sei. (Vgl. a. a. O. Plate XIV).

Von den Haaren fand ich nach sorgfältiger Untersuchung einzelne rothbraun gefärbte Reste auf der Kopfhaut; in feinen Durch-

[1] *Crania aegyptiaca; or observations on egyptian Ethnography, derived from Anatomy, History and the Monuments, by S. G. Morton M. D. London, 1844.*

schnitten der aufgeweichten Schwarte konnte ich sie in grösserer Anzahl entdecken. Das Kopfhaar war an diesem Exemplar keinesfalls rasirt worden. Es wurde vielmehr ohne Zweifel erst von später eingedrungenen Insecten zum grössten Theil zerstört. Schamhaare waren nicht vorhanden.

Die Untersuchung der Zähne war mir wegen des jugendlichen Alters dieses Individuums von besonderem Interesse. Es ist bekannt, dass BLUMENBACH wiederholt auf die eigenthümliche Form der stark abgenutzten Zähne der Mumien aufmerksam gemacht und die Vermuthung ausgesprochen hat, dass dieselbe kaum genügend durch das blosse Abschleifen beim Kauen harter Nahrung erklärt werden möchte, sondern ihren Grund wohl in einer ursprünglich verschiedenen Bildung der Zähne habe. PRICHARD[1]) u. A. fanden diese Conjectur, welche bei der Wichtigkeit des Gegenstandes alle Berücksichtigung verdiente, durch die Untersuchung von Kindermumien völlig unbegründet, indem bei diesen alle Zähne, sowohl die bleibenden als die Milchzähne, genau denen anderer Kinder des gleichen Alters ähnlich waren, und kamen zu der Ueberzeugung, dass das besondere Aussehen der Zähne Erwachsener von der Beschaffenheit ihrer Nahrungsmittel abhängen muss, wenn es nicht etwa durch Abfeilen oder eine analoge Gewohnheit hervorgebracht wurde.

An unserem Schädel waren die Zähne vollzählig, wohlerhalten und in sehr geringem Maasse abgenutzt; ich kann daher einen nicht unwichtigen Beitrag zur Entscheidung der angeregten Frage liefern, indem das Alter des Knaben vielleicht gerade das passendste zu der betreffenden Untersuchung sein möchte. Ich fand im Ganzen 28 Zähne, von denen 14 auf den Oberkiefer und 14 auf den Unterkiefer kommen. Von den letzten Mahlzähnen (den sogenannten Weisheitszähnen) konnte ich im Oberkiefer keine Spur entdecken, im Unterkiefer waren sie wohl schon angelegt, aber noch nicht durchgebrochen. Die Schneidezähne hatten meisselartig zugeschärfte Kronen, mit vorderer convexer, und hinterer concaver Fläche wie gewöhnlich; die Eckzähne conisch zugespitzte Kronen, und an der hinteren Seite eine flache mittlere Leiste; die Backenzähne zeigten auf der Kaufläche einen äusseren und einen inneren Höcker, die Mahlzähne 4—5 Höcker. Auch die Dimensionen der Kronen und Hälse der Zähne waren die gewöhnlichen. Kurz, ich fand nicht die geringste Abweichung vom normalen Zahnbau, welche man als eine besondere Eigenthümlichkeit hätte bezeichnen können.

[1] J. C. PRICHARD: Naturgeschichte des Menschengeschlechts, Leipzig 1840, Bd. II, S. 265 u. f.

Die Abnützung der sehr dicht an einander stehenden Zähne deutet trotz ihres geringen Grades bei der Jugend des Individuums auf sehr harte Nahrungsmittel, vielleicht auch auf die relative Weichheit der Schmelzsubstanz. Die Zähne des Unterkiefers zeigten sich mehr abgenutzt als jene des Oberkiefers, was mit der freien Beweglichkeit des ersteren im Zusammenhang steht. Die unteren Schneidezähne waren etwas schräg von hinten und oben nach vorne und unten abgeschliffen, die oberen Schneidezähne aber dem entsprechend auf ihrer hinteren concaven Fläche ausgewetzt, und an der Schneide schräg von vorne nach hinten und oben abgestutzt. Die *Substantia tubulosa* sah an den Stellen, wo der Schmelzüberzug bereits durchgerieben war, als ein schmaler gelber Querstrich hervor. Die unteren Eckzähne trugen nach aussen und vorne auf ihrer Spitze eine abschüssige Facette, die oberen nach hinten und innen. Das kaum entblösste Zahnbein markirte sich als ein gelber Punkt. Die Höcker der Backen- und Mahlzähne waren, in sehr verschiedenem Grade, quer angeschliffen. Auf der rechten Seite, namentlich im Unterkiefer, hatten sie mehr gelitten als auf der anderen Seite. Dies Verhalten und die Richtung und Lage sämmtlicher Abnützungsflächen beweisen, dass der Knabe meist auf der rechten Seite gekaut hat. — Schliesslich erlaube ich mir noch die Bemerkung, dass, obgleich die oben angeführten Untersuchungen an Kindermumien und meine eben mitgetheilte Beobachtung keinen Zweifel über den normalen, gewöhnlichen Charakter des Zahnbaues dieser Exemplare lassen, dennoch eine weitere Berücksichtigung des Gegenstandes nothwendig ist, weil wir, namentlich seit Morton's umfassenden Arbeiten, mit Bestimmtheit wissen, dass die Mumien sehr verschiedenen Racen angehören.

Die Knochen, welche zum grossen Theil fast vollkommen skeletisirt waren, trugen das Gepräge des jugendlichen Alters unverkennbar an sich. Die Mehrzahl der Epiphysen war noch nicht mit den Diaphysen verwachsen. Auch die paarigen Beckenknochen, welche in der Gelenkpfanne für den Kopf des Oberschenkels zusammenstossen, um daselbst später innig mit einander zu verwachsen, waren vollkommen getrennt. Am Schädel hatte die Vereinigung des Keilbeinkörpers und des Basilartheiles des Hinterhauptbeines noch nicht Statt gefunden.

Als Spuren der Trennung des Stirnbeines in zwei seitliche Hälften und der anfänglichen Selbständigkeit des Zwischenkiefers, fanden sich über der Nasenwurzel eine senkrechtstehende, rudimentäre Naht, auf dem harten Gaumen zwei vom *Foramen incisivum* nach aussen ziehende feine Spalten. Die Stirnhöhlen sind mässig entwickelt. Die Schädel-

knochen, welche nach Einigen bei den alten Aegyptern auffallend massiv und fest gewesen sein sollen, boten hinsichtlich ihrer Dicke durchaus nichts Abweichendes dar.

Morton, welchem ein bedeutendes Material zu Gebote stand, sagt über die Beschaffenheit der Mumienschädel: »*the structure of the cranial bones is as thin and delicate as in the European, and a ponderous skull is of unfrequent occurrence.*« Hiernach wären die Dicke und Schwere der Schädelknochen als rein individuelle Eigenthümlichkeiten aufzufassen.

Die Formen des Schädels sind ausnehmend rein und schön. Von obenher betrachtet, stellt sich der Umriss des Schädels als ein Oval dar. Die Gesichtsknochen werden bei dieser Ansicht völlig von der mächtig entwickelten Hirnschale verdeckt, und nur die Nasenbeine und die Anfänge der Jochbogen ragen an der vorderen Peripherie ganz unbedeutend hervor. Die grösste Länge des Schädels von der *Glabella* bis zum Höcker des Hinterhauptbeines beträgt = 0,176 m; die grösste Breite fällt nach vorne und unten vom Scheitelbeinhöcker und misst = 0,142 m. Der Umfang des Schädels ist = 0,512 m, und die grösste Höhe, von der vorderen Peripherie des *For. magnum* bis zum Scheitel = 0,136 m.

Bei der Seitenansicht bemerkt man keine Spur von Prognathismus. Das Gesicht ist verhältnissmässig klein und die Kiefer nicht im mindesten vorgestreckt. An der Nasenwurzel biegt sich die Profillinie sehr unbedeutend ein. Von der Naht zwischen den Nasenbeinen und dem Stirnbeine bis zum unteren Rande der Alveolen der Schneidezähne beträgt die Entfernung 0,064 m. Die Höhe des Alveolarfortsatzes von der *Spina nasalis anterior inferior* bis zu seinem unteren Rande ist = 0,016 m. Der Gesichtswinkel erreicht fast 90°. Von vorne betrachtet ist das flache Gesicht auf seine Länge ziemlich breit. Besonders auffallend ist die Breite der wenig gewölbten Nasenwurzel (= 0,026 m). Die geräumigen Augenhöhlen stehen weit aus einander. Die Entfernung der beiden Jochbeine beträgt 0,105 m, der Abstand der höchsten Punkte der Jochbogen = 0,125 m.

Die Gestalt des Unterkiefers zeigt nichts Auffallendes. Vom *Condylus* bis zum hinteren Kieferwinkel habe ich 0,051 m gemessen, vom Kinnwinkel senkrecht hinauf zum Rande der Alveolen = 0,027 m.

Nach der Schädelform muss ich diese Mumien in die Abtheilung der *Gentes dolichocephalae orthognathae* stellen. Herr Professor Retzius aus Stockholm hat während seines letzten Besuches in Prag den Schädel gesehen und ist derselben Meinung. Die von

ihm [1]) früher beschriebenen Mumienschädel stimmen in ihren Formen nicht vollkommen mit dem in Rede stehenden überein, indem dieselben weit mehr an den Negertypus erinnern und mit Wahrscheinlichkeit »Kopten oder den uralten Einwohnern Aegyptens angehört haben.«

Die Race, zu welcher unser Schädel zu zählen ist, näher zu bestimmen, hat grosse Schwierigkeiten. Nach einer genauen Vergleichung desselben mit den zahlreichen Abbildungen, welche Morton (dessen wichtiges Werk über die *Crania aegyptiaca* mir durch die Güte des Herrn Prof. Retzius zugekommen war) von den, an den verschiedensten Orten gefundenen Mumienschädeln gibt, glaube ich jedoch, dass unser Schädel noch die meiste Uebereinstimmung mit jenen Formen hat, welche Morton zu seinem »Pelasgic Type« rechnet.

Morton fand nämlich, dass die Mumienschädel theils zur Negerrace, theils zur kaukasischen gehören und innerhalb dieser Grenzen mehrere Typen zeigen. Von der ersteren findet sich der echte »Negro«-Typus und ein weniger reiner, der »Negroid« genannt wird; von der letzteren der »Pelasgic-Type«, »Semitic-Type« und »Egyptian-Type«.

Schliesslich muss ich noch erwähnen, dass an unserem Schädel nicht nur das Siebbein, sondern auch ansehnliche Stücke der benachbarten Knochen (Keilbein, Stirnbein [*pars horizontalis*], Oberkiefer, Thränenbein etc) durch die Excerebration völlig zerstört worden sind. Der Vomer ist jedoch trotzdem fast ganz geblieben. Die ägyptischen Balsamirer haben nämlich, wie man seit langer Zeit weiss, das Gehirn meist entfernt und durch Harzmassen ersetzt. Dabei verfuhren sie auf verschiedene Art; entweder sie nahmen das Gehirn, wie in unserem Falle, durch die Nase heraus, oder sie bahnten sich durch die Weichtheile des Nackens einen Weg zum *Foramen magnum* des Hinterhauptbeines und entfernten das Gehirn durch diese Oeffnung. An vielen Mumien scheint das Gehirn jedoch nicht berührt worden zu sein.

Diese Verschiedenheiten scheinen theils durch die angewandte Sorgfalt und die Fortschritte in der Kunst des Balsamirens, theils durch Localgebräuche bedingt gewesen zu sein. Die Mumien von Theben haben das Siebbein meist zerstört, jene von Memphis seltener. Morton fand unter 26 der letzteren nur 5 mit durchlöcherter Nase. (A. a. O., S. 26).

Die weibliche Mumie, welche im Allgemeinen besser erhalten war, als die so eben beschriebene, bot manches bemerkenswerthe

[1] Prof. A. Retzius: Ueber die Form des Knochengerüstes des Kopfes bei den verschiedenen Völkern. Müll. Archiv 1848, S. 276.

Verhältniss dar. Ich lasse zunächst die Grössenbestimmungen folgen.

Sie maass vom Scheitel bis zur Sohle	= 1,53 m
Die Länge der Arme bis zu den Fingerspitzen betrug . .	= 0,695 -
Davon kommen 0,290 auf den Oberarm, 0,225 auf den Radius, und 0,180 auf die Hand.	
Der Oberschenkel, vom grossen Trochanter an gemessen, hatte eine Länge von	= 0,400 -
Der Unterschenkel von	= 0,350 -
Der Fuss von der Ferse zur Spitze der grossen Zehe . .	= 0,225 -
Von einer Schulterhöhe zur anderen	= 0,300 -
Von einer *Spina anterior superior* des Darmbeines zur anderen .	= 0,270 -
Der grösste Abstand der Darmbeinkämme	= 0,300 -
Von der vorderen Fläche der Schambeinfuge zur hinteren des Kreuzbeines	= 0,150 -
Länge der Wirbelsäule	= 0,645 -

Die Formen des Schädels weichen von jenen des oben beschriebenen in mehrfacher Hinsicht ab, doch finden sich im Allgemeinen übereinstimmende Verhältnisse.

Von obenher betrachtet, ist der Umriss ein von beiden Seiten abgeflachtes, mehr in die Länge gezogenes Oval. Das Gesicht ist bei dieser Ansicht dem Blicke völlig entzogen. Die grösste Länge (von der *Glabella* zum Hinterhaupthöcker) = 0,183 m
Die grösste Breite, welche über und hinter die Ohren fällt = 0,140 -
Der Umfang . = 0,525 -
Die geringste Breite (= 0,105 m) ist vorne in der Schläfengegend. Im Profil fällt das bedeutende Hervorstehen des Hinterhauptes auf. Der Gesichtswinkel ist ansehnlich gross, die Profillinie des Gesichts wenig geneigt. Die Kiefer sind nicht vorgestreckt. Das Individuum gehört also jedenfalls unter die dolichocephalischen Orthognathen. Von vorne betrachtet ergiebt sich das Gesicht als sehr breit, im Verhältniss zu den merklich abgeflachten Schläfen. Die Länge des Gesichts vom Kinn bis zur Nasenwurzel = 0, 105 m. Die Augen stehen weit auseinander; die Nasenwurzel ist auffallend breit, wenig gewölbt, aber aufgerichtet. Die Jochbeine stehen stark hervor, die Entfernung von einem zu dem anderen beträgt = 0,115 m. Die Jochbogen liegen 0,131 m auseinander. Von den durch MORTON aufgestellten Typen scheint mir der ägyptische zu den vorliegenden Formen ziemlich zu passen, obschon das flache Gesicht nicht genug prominirt. Zur

Negerrace gehört weder dieser noch der andere Schädel, zum semitischen Typus eben so wenig, das ist gewiss.

Demnach bliebe die Wahl zwischen dem pelasgischen und ägyptischen Typus. Den Schädel des Knaben glaubte ich eher zum pelasgischen Typus stellen zu müssen, weil die Charaktere des ägyptischen noch weniger stimmen wollten. MORTON sagt nämlich: »*the Egyptian form differs from the Pelasgic in having a narrower and more receding forehead, while the face being more prominent, the facial angle is consequently less*«. Der Schädel des Weibes jedoch spielt durch seine seitliche Abflachung mehr in diese Formen herüber. Die Kreuzung der Racen einerseits und die noch immer nicht hinreichend festgestellten Charaktere der Typen andererseits machen das Schwankende der Bestimmung in diesem und in anderen Fällen begreiflich.

Die Uebergangsformen liessen sich wohl mit grösserer Bestimmtheit unterbringen, wenn nur die Haupttypen besser charakterisirt wären und die ganze Methode der Untersuchung exacter wäre. Der Weg, welchen RETZIUS[1]) durch seine wichtigen Arbeiten angebahnt hat, scheint mir aus der bisherigen Unsicherheit herauszuführen. Auf die Betrachtung der Schädelformen darf sich jedoch die anthropologische Untersuchung nicht beschränken. Die Proportionen des Rumpfes und der Glieder müssen in gleicher Vollständigkeit behandelt und berücksichtigt werden. CARUS hat in seiner Physis einen ganzen Abschnitt der Betrachtung der Grössenverhältnisse der Körpertheile gewidmet. In ähnlicher Weise würden alle Racen durchzuarbeiten sein. Als Resultat ergäbe sich dann wo möglich eine Anzahl mathematischer Formeln, welche der präcise Ausdruck für die charakteristischen Formen der Racen wären. —

Die Stellung, in welcher die Mumie eingewickelt worden war, ist die eines ausgestreckt Liegenden. Der Kopf ist etwas gehoben, wie wenn er auf einem Kissen ruhte. Der Rumpf und die Beine sind gerade gestreckt. Die Arme, im Ellenbogengelenke leicht gebogen, laufen an den Seiten herunter, so dass die Hände mit der Palmarfläche an den Schenkeln liegen und der Mittelfinger jederseits bis gegen die Mitte des Femur reicht. Dies ist die gewöhnliche Richtung der Arme bei weiblichen Mumien; die Männer hatten meist die Arme über der Brust gekreuzt[2]). Zwischen den zusammengeneigten Beinen bleibt wegen der Breite des Beckens ein dreieckiger Raum, dessen Spitze

[1] Vergl. dieses Naturforschers zerstreute craniologischen Aufsätze in Müller's Archiv.

[2] JOMARD a. a. O., S. 86.

nach abwärts sieht. Die Ferse des linken Fusses ist stark nach innen gedreht.

Die Haut und die Weichtheile sind ziemlich stark zusammengetrocknet und bilden eine feste, lederartige Masse, welche auf der Oberfläche schmutzig schwarzbraun gefärbt ist und nirgends eine Spur von Vergoldung oder Bemalung zeigt. An ihr bemerkt man deutliche Eindrücke der festgeschnürten Binden, und zahlreiche Falten und Runzeln. Ihr Zusammenhang mit den Knochen ist meist noch sehr innig, es finden sich keine so ausgedehnten leeren Zwischenräume unter den Weichtheilen, wie an dem zuerst beschriebenen Exemplare.

Die Ohren sind, wie schon oben bemerkt wurde, an ihrem gewöhnlichen Platze und vollkommen erhalten. Das Ohrläppchen reicht ziemlich tief herunter und steht, wie die ganze Ohrmuschel, nach hinten frei ab. Die Ohren erscheinen lang und schmal.

Die Nase zeigt deutliche Spuren, dass die Excerebration durch dieselbe vorgenommen worden ist. Der knorpelige Theil ist etwas eingesunken, plattgedrückt und deckt, wie eine Klappe, den Eingang zur Nasenhöhle, doch so, dass ein rechtes grösseres und ein linkes kleineres Nasenloch gebildet wird. Die unteren Ränder der *Ossa nasalia* springen auf dem Nasenrücken etwas vor.

Die Lippen schliessen fest aufeinander; die untere deckt die obere. Die Mundwinkel stehen tief und die Lippenspalte erhält dadurch die Gestalt eines bogenförmigen, seichten Einschnittes, dessen Concavität nach abwärts sieht. Die Mundhöhle musste ich uneröffnet lassen.

Die oberen Augenlider sind stark gewölbt und haben ihre Cilien. Der Raum zwischen dem eingesunkenen Auge und den Lidern ist mit Harz ausgefüllt. Die unteren Lider kehren ihren freien Rand nach einwärts. Die Lidspalten, welche jedenfalls lang geschlitzt waren, sind daher nicht geschlossen, obgleich die oberen Augenlider herabgelassen sind.

Die Brüste stellen zwei nach unten abgerundete, platte, runzelige Hautfalten dar, welche bis zur siebenten Rippe herabreichen. Sie sind in diesem Falle durch die Binden fest an den Thorax angedrückt worden. An anderen Exemplaren findet man sie mit Harz ausgegossen oder mit Byssus ausgestopft, so dass sie ihre natürliche Rundung haben (SIEBER a. a. O., S. 14). Ihr Umfang ist sehr bedeutend. Die Aegypterinnen hatten bekanntlich sehr grosse Milchdrüsen[1]).

[1] Vergl. BLUMENBACH: *De generis humani varietate nativa. Editio tertia Göttingae 1795, p. 238. »Aliae gentes amplitudine et turgore mammarum conspicuae, ut*

Von den äusseren Geschlechtstheilen fand ich die *Labia majora* als zwei wohlgerundete volle Hautfalten, welche durch einen, in der Dammöffnung steckenden Leinwandpfropf weit auseinander getrieben waren. Von den Nymphen glaube ich die Rudimente erkannt zu haben. Die Klitoris war nicht deutlich. Die Dammöffnung führte unmittelbar in die Beckenhöhle; die inneren Geschlechtstheile sind jedenfalls ausgeschnitten, und wahrscheinlich ganz entfernt worden.

Die Haare am Kopfe waren gelblichbraun und rothbraun gefärbt. Es scheint dies nicht ihre natürliche Farbe gewesen zu sein. Doch lässt sich darüber eben so wenig, als über die wahre Farbe der Haut mit Sicherheit urtheilen. Der Einfluss der zur Balsamirung verwendeten Stoffe, auf die Färbung der Theile ist nicht zu bestimmen. Die Haare sind übrigens ziemlich kurz geschnitten und liegen schlicht und ungekräuselt am Schädel an. Bei weiblichen Mumien findet man sonst öfter langes und coiffirtes Haar.

In der Hinterhauptgegend, etwas nach rechts, bemerkte ich eine mehr als Handteller grosse, völlig kahle Stelle, welche wahrscheinlich durch eingedrungene Insecten entblösst worden war. Es ist kaum anzunehmen, dass man es mit einer Tonsur oder dergleichen zu thun hat, denn in der Mitte der kahlen Stelle standen noch 3 bis 4, mehrere Linien lange Härchen. Auffallend bleibt es mir aber, dass auf Pl. XLIX der grossen, von der französischen Expedition gelieferten Description de l'Egypte, an dem Hinterhaupte einer männlichen Mumie eine ganz ähnliche kahle Stelle abgebildet ist[1].

Die Cilien an den Augenlidern waren, mit einzelnen Ausnahmen, nicht licht wie das Kopfhaar, sondern dunkel rothbraun bis schwarz. Dies spricht für die obige Annahme des Farbenwechsels der Haare in Folge der Balsamirung.

Die Schamhaare fehlten. Es scheint bei den alten Aegyptern, wie noch heut zu Tage bei den meisten Orientalen, die Entfernung dieser Haare gebräuchlich gewesen zu sein[2].

Die Nägel der Finger und Zehen waren kurz geschnitten und zeigten keine Spur einer Vergoldung. Ihre Farbe ist röthlich braun, ob in Folge einer künstlichen Färbung, welche heute noch Sitte in

Aegyptii; Juvenale jam »»In Meroë crasso majorem infante papillam«« tanquam rem vulgarem et omnibus communem memorante.«

[1] In der Erklärung zur Pl. 49, heisst es: *Les cheveux sont courts, et manquent à la partie postérieure de la tête, p. 171.* — Description de l'Egypte. Tom. X. Explication des Planches.

[2] JOMARD a. a. O., S. 83: »*Les deux sexes sont épilés, l'un comme l'autre.*«

Aegypten sein soll[1]), oder durch die Balsamirung, kann ich nicht entscheiden.

Schon der verschiedene Zustand, in welchem sich die Weichtheile befinden, lässt vermuthen, dass der Leichnam des Knaben nach einer andern Methode balsamirt worden war, als jener des Weibes. Diese Vermuthung wird zur Gewissheit, wenn man erfährt, das unmittelbar auf dem Körper der weiblichen Mumie, der ganzen Ausdehnung nach (namentlich auf dem Kopfe, den Ohren, der Nase, auf und unter den Augenlidern, am Halse, in der Claviculargegend, in der Achselhöhle, auf dem Bauche, unter den Brüsten, in der Leistengegend, zwischen den Schenkeln und an Händen und Füssen), mehr oder weniger dicke Lagen von schwarzem Mumienharz aufgestrichen waren, welche meist ziemlich leicht abgesprengt werden konnten; während bei dem Knaben kaum eine Spur davon zu finden war, obschon die seinem Körper aufliegenden Leinwandstücke mit einem ähnlichen, harzigen Stoffe imprägnirt zu sein schienen, und beim Verkohlen einen weihrauchähnlichen Geruch von sich gaben.

Die weibliche Mumie hatte ferner in den Bauchdecken über dem linken Darmbein eine 72 mm lange und 45 mm breite ovale Oeffnung, welche in die Bauchhöhle führte und nicht zusammengenäht[2]) sondern durch einen Leinwandpfropf, in ähnlicher Weise wie die Dammöffnung, verstopft war.

An der Mumie des Knaben hingegen konnte ich wohl die letztere, nicht aber die Oeffnung in den Bauchdecken nachweisen. Freilich liess die erwähnte Morschheit der Bauchdecken keine vollkommen genügende Untersuchung zu, und die Anwesenheit jener seitlichen Oeffnung hätte mir aus diesem Grunde entgehen können; allein nach sorgfältiger Berücksichtigung aller Verhältnisse bin ich nichts destoweniger der Ueberzeugung, dass die Seitenöffnung wirklich gefehlt hat.

Auch der Inhalt der Körperhöhlen beweist die Verschiedenheit des Verfahrens beim Einbalsamiren der beiden Mumien. Bei dem Knaben fand sich, wie oben mitgetheilt wurde, nichts im Körper, als jene schlackenartige poröse Masse, welche einen Theil der Beckenhöhle ausfüllt. Anders bei der weiblichen Mumie. Ich schnitt, da dieses Exemplar möglichst geschont werden musste, mit einer Rundsäge aus der Brust und der Bauchwand ein grosses viereckiges Stück heraus, welches, der Bequemlichkeit wegen, nach der Quere halbirt wurde

[1] ROUYER a. a. O., S. 483 und SIEBER a. a. O., S. 16.

[2] Vergl. ROUYER (a. a. O., S. 479) . . . »*Cette ouverture ne m'a point paru recousue, comme le dit Hérodote, les bords avaient seulement été rapprochés et se maintenaient ainsi par la dessication.*«

und wie ein Deckel die gemachte Oeffnung schloss, und bahnte mir auf diese Weise den Weg zur Untersuchung der Brusthöhle sowohl als der Bauchhöhle.

Die Brusthöhle fand ich fast ganz leer. Das Herz und die Lungen waren entfernt worden, eben so das Zwerchfell, von welchem rechts an der vordern Brustwand nur noch ein kleines Rudiment zu sehen ist. Hinter dem Sternum, nach oben, macht die das *Cavum thoracis* auskleidende braune Haut eine vorspringende Duplicatur, welche als Rest des vordern Mediastinum anzusehen ist. Auf der linken Seite der Wirbelsäule konnte ich die Aorta durch den ganzen Brustraum nach oben verfolgen und alle Einzelnheiten des Aortenbogens nachweisen. Die Aorta war knapp am Herzen abgeschnitten worden. Nach hinten und innen vom Bogen der Aorta erkannte ich mit aller Deutlichkeit die Luftröhre, deren halbe Knorpelringe zu schmalen, auf dem Durchschnitt schwarzbraun gefärbten Spangen zusammengetrocknet waren. An der hinteren Wand der linken Thoraxhälfte reichte bis zur vierten Rippe hinauf eine dicke Schichte schwarzen Mumienharzes, welches von dem Balsamirer nach Entfernung der Brusteingeweide in flüssigem Zustande durch jene Seitenöffnung in den Bauchdecken hereingegossen wurde und im Flusse erstarrte. In die rechte Thoraxhälfte ist nichts von dem Harze eingedrungen.

Die Grenze zwischen der Bauchhöhle und der Brusthöhle bilden zwei untereinander durch Fäden zusammenhängende Ballen von Leinwandfetzen, welche rechts und links von dem letzten Stück der Brustwirbelsäule festgestopft worden waren. Die Bauchhöhle ist ganz ausgefüllt mit unregelmässigen knolligen Massen, welche über und über mit Harz umgeben, und zu einem festen Klumpen zusammengebacken erscheinen. Gleich unter dem Leinwandballen, welcher die rechte Thoraxhälfte von der Bauchhöhle trennte, lag jedoch ein isolirtes keilförmiges Stück, welches sich leicht herausnehmen liess, und bei näherer Untersuchung als ein Convolut von Gedärmen ergab, und eine schwarze, lederartige, dünne Platte, welche gefaltet und zusammengerollt war. Nachdem ich diese letztere in Wasser aufgeweicht und von den Harzmassen gereinigt hatte, erkannte ich zu meinem nicht geringen Erstaunen, dass es die abgezogene Epidermis der rechten Fusssohle war. Die ganze Zeichnung der Tastlinien präsentirte sich mit ausgezeichneter Schärfe. Eine genaue Besichtigung der Fusssohlen bewies, dass die Epidermis beiderseits von der Ferse bis zu den Zehen fehlte.

Die Epidermis der Zehen hörte am Grunde derselben mit einem scharfen gezackten Rande auf. Die vordere Contour des in der Bauch-

höhle gefundenen Stückes der Epidermis passte nicht mehr genau an den unteren Rand der Epidermis der Zehen des rechten Fusses, allein es blieb dennoch nicht der geringste Zweifel, dass das Stück daselbst abgeschnitten worden war. Die Epidermis der linken Fusssohle habe ich nicht gefunden, doch wird sie ohne Zweifel auch im Bauche stecken. Die übrigen mit Harz bestrichenen und übergossenen Massen, welche als ein grosser unregelmässiger Klumpen die Bauchhöhle erfüllten, konnte ich nicht herausnehmen und näher untersuchen, denn sonst hätte die Integrität der Mumie geopfert werden müssen; man darf jedoch, nach dem bereits Mitgetheilten, mit Wahrscheinlichkeit voraussetzen, dass es Reste von Eingeweiden sind.

Sieber (a. a. O., S. 14) fand häufig in den Mumien, welche sorgfältig balsamirt waren, Klumpen von zusammengedrückten, mit Balsammasse bestrichenen Gedärmen. Die Behauptung des Porphyrius, dass die Priester die Eingeweide des Verstorbenen unter bestimmten Gebeten in den Nil geworfen haben sollen, dürfte demnach auf eine geringere Anzahl von Fällen zu beschränken oder nicht auf sämmtliche Eingeweide zu beziehen sein.

Rouyer scheint niemals Eingeweide in den Mumien gefunden zu haben, denn er sagt (a. a. O., S. 478) bei Gelegenheit der Seitenöffnung in den Bauchwandungen: »*L'ouverture, . . . se faisait, sans doute, non seulement pour retirer les intestins qu'on ne retrouve dans aucun de ces cadavres desséchés, mais encore pour mieux nettoyer la cavité du bas-ventre, et pour la remplir d'une plus grande quantité de substances aromatiques et resineuses*« . . .

Die Manipulation, welche die Aegypter bei ihren Einbalsamirungen befolgten, kennen wir theils durch die Berichte alter Schriftsteller, theils aus der Untersuchung der Mumien selbst; die antiseptischen, harzigen, aromatischen etc. Stoffe jedoch, welche dabei verwendet wurden, sind uns sehr unvollständig bekannt. Die alte Kunst des Balsamirens muss demnach eigentlich zu den verloren gegangenen gerechnet werden. Die neueren Methoden unterscheiden sich sehr wesentlich von ihr und haben noch nicht Zeit gehabt zu beweisen, dass sie vorzüglicher oder doch wenigstens gleich gut sind. Uebrigens dürfte der Verlust dieser Kunst leicht zu verschmerzen sein.

In anderer Weise als die Aegypter haben auch die alten Guanchen, welche die canarischen Inseln bewohnten, ihre Todten balsamirt. Die in den Grotten von Teneriffa gefundenen Mumien sind nicht in Leinwand, sondern in Binden von Ziegenleder eingewickelt, und zeichnen sich durch ihre Leichtigkeit vor allen anderen aus. Unterleib

und Brust sind mit einer Art Körnern oder aromatischen Kräutern angefüllt, unter denen das *Chenopodium ambrosioides* niemals fehlen soll. Die peruanischen Mumien zeigen wieder eine andere Zubereitungsweise und Stellung; sie sitzen nämlich ganz zusammengekrümmt, so dass die Knie fast das Kinn berühren, während die Mumien der Guanchen aufrecht stehen.

Die alten Aegyptier selbst hatten weit mehr als jene drei, dem Preise nach verschiedenen, Einbalsamirungsmethoden, von welchen Herodot und Diodor erzählen. Dies beweisen alle neueren an Mumien angestellten Untersuchungen. So unterscheidet Sieber (a. a. O., S. 16) im Allgemeinen zwar nur drei Arten von Mumien, nämlich mit Harz ausgegossene, ausgetrocknete und mit Salz imprägnirte, behauptet aber, dass kein Exemplar die nämliche Behandlung verrathe, wie das andere. Ebenso stellt Rouyer, welcher als Membre de la Commission des sciences et des arts mit der französischen Expedition Aegypten besuchte, nach seinen an Ort und Stelle gemachten ausgedehnten Beobachtungen, mehrere Arten von Mumien auf.

Rouyer scheidet zunächst die Mumien, welche auf der linken Seite eine Oeffnung in den Bauchdecken haben, von jenen, welche nirgends eine solche Oeffnung zeigen, und betrachtet dann jede dieser Gruppen für sich. Die Zerstörung des Siebbeins in Folge der Excerebration wird in beiden Hauptgruppen beobachtet.

Unter den Mumien mit der Seitenöffnung gibt es a) solche, welche mit balsamischen und adstringirenden Stoffen behandelt wurden, und b) solche, welche mit Salz imprägnirt sind. Von den sub a begriffenen Mumien sind die Einen mit aromatischen Harzen, die Anderen mit Asphalt oder Bitumen ausgefüllt. Dasselbe gilt von den sub b rangirten Mumien. Diese letzteren bedecken sich, entwickelt und der Atmosphäre ausgesetzt, mit einer Efflorescenz von Glaubersalz. Unter den Mumien ohne Seitenöffnung, deren Eingeweide durch den After entfernt worden sind, gibt es ebenfalls zwei Sorten: a) solche, welche gesalzen und dann getrocknet wurden, und b) solche, welche nebstdem noch mit Pisasphalt umgeben und ausgefüllt wurden.

Rouyer beschreibt das Aussehen und die Beschaffenheit der Weichtheile der einzelnen, nach diesen verschiedenen Methoden zubereiteten Arten von Mumien ziemlich ausführlich und genau; allein nichts destoweniger kann ich versichern, dass keines seiner Schemen vollkommen mit dem, was ich an unseren Mumien beobachtet habe, übereinstimmt. Die grössere weibliche Mumie gehört jedenfalls in Rouyer's erste Gruppe, aber selbst die Charakteristik der mit Bitumen

ausgegossenen Mumien passt nicht ganz auf sie[1]), noch weniger die anderen.

Es scheint, dass das Einbalsamiren der Leichname, obschon durch religiöse, mit dem Glauben an die Seelenwanderung zusammenhängende Vorschriften geboten, dennoch in Bezug auf die dabei verwendeten Mittel und Methoden, der Kunst und der industriellen Concurrenz, innerhalb gewisser Grenzen, freigegeben war, und nicht nach starren durch den Ritus festgesetzten, unwandelbaren Normen vorgenommen werden musste. Jedenfalls erklären sich die Verschiedenheiten in der Behandlungsweise der Mumien leicht durch die für die verschiedenen Kasten geltenden Gesetze, ferner durch die Verschiedenheit der Localgebräuche, welche auch in anderer Beziehung maassgebend erscheinen, und endlich durch die Vermögensumstände und das Belieben der betreffenden Familien und durch die Fortschritte, der mit der Einbalsamirungskunst zusammenhängenden Wissenschaften.

Die Sitte, die Verstorbenen durch das Balsamiren gegen die völlige Zerstörung auf die Dauer zu schützen, herrschte von dem grauesten Alterthume bis in die erste Zeit der christlichen Chronologie und wurde ungefähr zwei und zwanzig Jahrhunderte lang fast ununterbrochen geübt. Die Verschiedenheiten der Mumien, sowohl hinsichtlich der Zubereitungsart, als der ethnographischen Charaktere, verlieren abgesehen auch von den oben angeführten Momenten, einem solchen Zeitraum gegenüber, alles Befremdende.

II.

Die ägyptischen Mumien sind seit langer Zeit ein Gegenstand allgemeiner Bewunderung. Man betrachtet mit Staunen und Interesse die wohl erhaltenen Formen menschlicher Körper, welche seit den frühen Tagen der an den Nilufern aufgeblühten Cultur und Civilisation dem Zahne der Zeit getrotzt haben. Die Vergänglichkeit organi-

[1] ROUYER a. a. O., S. 480: »*Les momies remplies de bitume pur ont une couleur noirâtre; la peau est dure, luisante comme si elle avait été couverte d'un vernis; les traits du visage ne sont point altérés; le ventre, la poitrine et la tête sont remplis d'une substance résineuse, noire, dure, ayant peu d'odeur: cette matière que j'ai retirée de l'intérieur de plusieurs momies, m'a présenté les mêmes caractères physiques et a donné à l'analyse chimique les mêmes resultats que le bitume de Judée qui se trouve dans le commerce. Ces sortes des momies qu'on rencontre assez communement dans tous les caveaux, sont sèches, pesantes, sans odeur, difficiles à développer et à rompre. Presque toutes ont le visage, les parties naturelles, les mains et les pieds dorés: elles paraissent avoir été préparées avec beaucoup de soin; elles sont très peu susceptibles de s'altérer et n'attirent point l'humidité de l'air.*

scher Bildungen ist so sehr Gegenstand der täglichen Lebenserfahrung, dass auch der Ungebildete von der Thatsache ergriffen wird, dass dem ewigen Kreislauf des Stoffes in diesem Falle Halt geboten worden ist.

Das Bewusstsein, dieselben Gestalten vor sich zu haben, welche vor mehr als ein, zwei Jahrtausenden die lebendigen Träger jener geheimnissvollen, in ihren Trümmern noch grossartigen, ägyptischen Welt gewesen, reizt wohl selbst eine wenig bewegliche Phantasie den Schleier der Vergangenheit zu lüften, sich zurück zu versetzen in das lebendige Treiben des volkreichen Theben, des alten Memphis, und all die kleinen Freuden und Leiden des Daseins, all die bedeutenden Fragen und Anschauungen, welche einst diese Herzen und Köpfe bewegt und beherrscht haben, auferstehen zu lassen!

Der wissenschaftlichen, nüchternen Betrachtung bieten die Mumien nicht minder Stoff zu ernsten, ergiebigen Studien, als sie den sinnigen Beschauer gemüthlich erregen.

Was dem Geologen die pflanzlichen und thierischen Versteinerungen sind, welche die vorweltlichen Perioden charakterisiren und die Geschichte des Erdkörpers in grossen, lebendigen Zügen skizziren helfen, das sind dem Anthropologen solche Antiquitäten, wie die Mumien, für seine Sphäre. Die Mumien sind auch Fossilien, welche der rastlose Forschungstrieb aus den dunkeln Hypogeen hervorgräbt und zwischen den Blättern der Geschichte abgelagert findet, wie die Petrefacten in den Schichten der Erde.

Das alte Aegypten, wie es sich nach seinen natürlichen Bedingungen mit Nothwendigkeit entwickelt hat, ist eine untergegangene Formation, welche mit Baudenkmälern, Sculpturen, Bilderwerken, und so mancher fortwirkenden Anschauung in die Gegenwart hereinragt.

Neben dem archäologischen Interesse haben die Mumien auch ein physiologisches. Es ist zu ermitteln, in wie weit es durch das Einbalsamiren gelungen ist, den menschlichen Körper zu erhalten und die unvermeidliche Zersetzung und Zerstörung der organischen Elemente zu verhindern.

Bisher hat man sich damit begnügt, die oft sehr vollkommene Erhaltung der allgemeinen Formen des Körpers, der Gesichtszüge und die Anwesenheit der Kopfhaare, der Augenbrauen, der Cilien, der Nägel etc. zu bewundern. Es ist meines Wissens noch kein erheblicher Versuch gemacht worden, die Beschaffenheit der Mumien mit Hilfe des Mikroskopes zu untersuchen. Ich erinnere mich nur dunkel, dass mir QUECKETT in London beiläufig eine Abbildung von Mumienhaaren in einem Journal für Mikroskopie gezeigt hat. Es ist mir aber nicht möglich, diese Quelle näher zu bezeichnen.

Die mikroskopische Untersuchung der Mumien, welche ich in ziemlich ausgedehntem Umfange unternahm, hat mir bewiesen, dass die Erhaltung der organischen Formen noch viel weiter geht, als man bisher wohl allgemein geglaubt hat. Ich zweifle gar nicht, dass man im Stande wäre, eine ziemlich vollständige Histologie der Mumien zu schreiben, wenn das genügende Material zu Gebote stünde.

Dass sich nicht alle Mumien zu diesen Untersuchungen gleich gut eignen werden, versteht sich nach dem über die verschiedenen Methoden der Einbalsamirung Bekannten wohl von selbst. Auch die Behandlung der zu untersuchenden Theile, so wie die Bereitung der mikroskopischen Präparate selbst, muss passend gewählt und mit der gehörigen Umsicht ausgeführt werden. Ich weiss aus eigener Erfahrung, dass man nicht gleich von der begonnenen Untersuchung abstehen darf, wenn sie keinen augenblicklichen Erfolg hat, denn häufig ist nur die unzweckmässige Behandlung des Objectes und nicht die schlechte Conservirung daran Schuld. Man darf sich nicht gleich mit dem Gedanken an die Möglichkeit der Zerstörung eines Gewebes beruhigen. Dies bemerke ich für Jene, welche die Gelegenheit haben sollten, ähnliche Untersuchungen, wie die folgenden anzustellen.

Eine wesentliche Vorsichtsmaassregel, um sich vor Täuschungen zu bewahren, denen man leicht zum Opfer fallen könnte, will ich noch beiläufig erwähnen. Es ist dies die genaue Messung der betreffenden Gewebsbestandtheile und die Vergleichung der gefundenen Grössenverhältnisse mit den normalen Dimensionen dieser Formelemente.

Am Schlusse der Abhandlung findet sich zur grösseren Bequemlichkeit eine tabellarische Zusammenstellung und Vergleichung meiner sämmtlichen Messungen mit jenen, welche Kölliker in seinem Lehrbuche der mikroskopischen Anatomie des Menschen geliefert hat.

Ich habe von beiden Mumien Theile der mikroskopischen Betrachtung unterworfen und werde es weiter unten, bei der Beschreibung der Gewebe, stets angeben, woher ich dieselben genommen habe.

Die Mumie des Knaben durfte ich nach Bedürfniss zerstückeln und verarbeiten, da an derselben Nichts zu halten war. Mit der weiblichen Mumie, welche als interessante Reliquie der Sammlung des physiologischen Institutes einverleibt wurde, musste ich jedoch schonender verfahren und entnahm derselben nur kleinere Stücke, wie sie gerade zur mikroskopischen Untersuchung ausreichten.

1. Von der Haut.

Ich habe von beiden Mumien Hautstücke aus verschiedenen Regionen des Körpers untersucht. Ich liess dieselben theils in Wasser

aufweichen und fertigte dann Durchschnitte an, theils schnitt ich gleich vom Trockenen dünne Lamellen und behandelte sie mit Terpentinöl, welches mir bei dieser ganzen Untersuchung die wesentlichsten Dienste geleistet hat. Das Derma mit dem Papillarkörper habe ich überall in der entsprechenden Form erkannt. Das Bindegewebe zeigte meist eine deutliche lamellöse Anordnung, und löste sich an der dem Körper zugewendeten Seite in die Maschen des Unterhautzellgewebes auf. Zwischen den Bündeln desselben fand ich viele grössere und kleinere, anscheinend homogene, unregelmässige, braunroth gefärbte Klümpchen einer spröden Masse von muscheligem Bruch. Schon mit blossem Auge unterschied ich an den meisten Hautdurchschnitten die glänzenden Bruchflächen dieser harzartigen Substanz und war im ersten Augenblicke geneigt an eine Injection mit Harzmasse zu denken.

Die Behandlung solcher Präparate mit kaustischer Natronlösung lehrte mich jedoch bald, dass diese Massen nichts als die, in den Maschen des Unterhautzellgewebes steckenden, durch den Process der Einbalsamirung zusammengebackenen Fettzellen sind. Das Natron wirkte in der gewohnten Weise auf das Bindegewebe, die einzelnen Bündel quollen auf und gewannen an Transparenz, während jene Massen in einzelne rundliche Bläschen mit bräunlichem Inhalt auseinander fielen, welche einen Durchmesser von 0,02 bis 0,025 W. L. halten, und somit mit den Dimensionen der Fettzellen übereinstimmten. Ich habe, Fig. 13, die Fettzellen einer Bindegewebsmasche von der Beere der grossen Zehe der weiblichen Mumie abgebildet.

2. Von den Epidermoidalgebilden.

a) Epidermis.

Die Oberhaut war nicht an allen Punkten der Haut zugegen; sie mag zum Theil beim Einbalsamiren unbemerkt abgestreift worden oder sonst wie abhanden gekommen sein, zum Theil haben sie die Balsamirer, wie das von mir in der Bauchhöhle der weiblichen Mumie gefundene Stück der Epidermis der rechten Fusssohle beweist, mit Wissen und Willen abgezogen. Es wäre zu untersuchen, ob die an den Füssen und Handtellern häufig vorkommenden Vergoldungen und Färbungen, von welchen an unseren Exemplaren, wie bereits erwähnt, nirgends eine Spur zu finden ist, auf die vorher entblösste oder noch von Epidermis überzogene Lederhaut aufgetragen wurden. Die in der Bauchhöhle gefundene Epidermis der Fusssohle bot die schönste Gelegenheit zur Untersuchung dieses Gewebes. Mit der Loupe konnte ich auf der äusseren Fläche derselben die den Tastleistchen entspre-

chend angeordneten Schweissporen deutlich sehen. Nach Behandlung mit kaustischer Natronlösung quollen die platten Oberhaut-Schüppchen zu länglich runden, hellen, kernlosen Bläschen in gewohnter Weise auf. Fig. 2 habe ich auf diese Art behandelte Epidermiszellen, welche sich von dem Nagelfalz über die Wurzel des Nagels herüberschieben, dargestellt. An vielen Epidermiszellen bemerkte ich den Wandungen anhängende braune Körnchen, welche wohl nichts als Reste von Harzmasse sind. Die abgebildeten Zellen maassen der Länge nach 0,016‴, der Breite nach aber 0,013‴.

Auf Durchschnitten der den Tastflächen der Hände und Füsse angehörenden Oberhaut erkannte ich mit voller Deutlichkeit die zierlichen spiralig gewundenen Ausführungsgänge der Schweissdrüsen und Reste des Malpighi'schen Netzes.

b) Nagel.

Das vom Derma gebildete Nagelbett ist in allen seinen Theilen wohlerhalten; nach hinten wird es vom Nagelfalz, an beiden Seiten von zwei Hautwülsten begrenzt; die vom Grunde nach vorn ausstrahlenden Längsleistchen sind ziemlich deutlich ausgeprägt. Der Nagel selbst und die mit ihm zusammenhängende Epidermis lassen sich leicht von der Haut abziehen. Seine Farbe ist ein gesättigtes Rothbraun. Lässt man ihn einige Tage in Wasser liegen, so gibt er einen Theil seines Farbstoffes ab und erweicht. Durchschnitte sind in jeder Richtung leicht zu fertigen.

Die Oberfläche des Nagels ist glatt; an der unteren Fläche findet sich ein deutlicher Abdruck der Leistchen des Nagelbettes. Die Nagelwurzel, welche im Falze steckt, ist um die Hälfte dünner als der 0,2‴ dicke Körper und biegsam.

Auf Durchschnitten zeigen nur die obersten und untersten Schichten eine intensive braunrothe Färbung, während die Mitte gelblich durchscheinend ist. Parallel mit der Fläche tritt eine von den Rissen des Messers und der Schnittrichtung unabhängige Streifung und Punktirung auf, welche der Ausdruck der schichtenweisen Anordnung der kernhaltigen Nagelzellen ist. Der braunroth gefärbte Streif an der unteren Fläche ist das zusammengeschrumpfte Malpighi'sche Netz des Nagels. Kalte Natronlösung dehnt das Nagelgewebe nach einigen Minuten, kochende fast augenblicklich zu überaus deutlichen, schönen kernhaltigen Zellen auf, welche sich gegenseitig polygonal abplatten, isolirt aber vollkommen rundliche Formen annehmen. Die Zellen des Malpighi'schen Netzes quellen dabei nicht minder auf, doch werden ihre Kerne fast gleichzeitig durch die energische Einwirkung des Alkali

zerstört. Ich habe dieselbe nachtheilige Wirkung auf die Kerne der MALPIGHI'schen Zellen auch an frischen Präparaten, beim Aufkochen mit Natron, häufig beobachtet; Essigsäure bringt diese Kerne deutlich zur Anschauung. Das *Stratum Malpighii* erscheint somit als eine Lage von kernlosen zartwandigen Bläschen. Ich habe, Fig. 1, einen Querschnitt des Nagels vom Ringfinger der weiblichen Mumie, nach Behandlung mit Natron gezeichnet; nach unten sieht man die kernlosen Zellen des MALPIGHI'schen Netzes. Die oberen Schichten der Nagelzellen dehnen sich manchmal nicht so vollständig aus und erscheinen dann platt und lang (Fig. 2*b*). Die Nagelzellen haben einen Durchmesser von 0,016''', die Kerne, welche meist keine ganz regelmässige Gestalt hatten, sind 0,0015 bis 0,002''' dick und 0,004''' lang. Die Zellen der Schleimschicht waren etwa um die Hälfte kleiner als die Nagelzellen.

c) Haar.

Als Object der Untersuchung dienten mir vorzüglich die Kopfhaare der weiblichen Mumie. Ich habe schon oben bemerkt, dass die Farbe derselben verschiedene, hellere und dunklere Schattirungen zeigt, welche wohl aus der Einwirkung der zur Balsamirung verwendeten Stoffe erklärt werden müssen; hier kann ich noch hinzufügen, dass auch die Dicke der Haare ungleich ist, aber mit der veränderten Färbung kaum in directer Beziehung steht, obschon die dunkleren Haare meist feiner sind als die helleren. Der Durchmesser der Haare variirt von 0,045''' bis 0,029'''. Die dachziegelförmig sich deckenden Schuppen des Oberhäutchens können schon bei einfacher Betrachtung des Haares unter Wasser deutlich wahrgenommen werden. Kocht man das Haar mit kaustischer Natronlösung, so quillt es wie ein frisches auf, und man erkennt in der weichen, längsgestreiften Rindensubstanz die langen, spindelförmigen Kerne der Faserzellen und in der Medianlinie die polygonalen, senkrecht an einander gereihten Markzellen, welche öfter ganz oder streckenweise fehlen. Besonders bemerkenswerth erscheint mir noch der Umstand, dass die Schuppen des Oberhäutchens, das sich manchmal als zusammenhängende Membran bauchig von der Corticalsubstanz abhebt, wahrscheinlich in Folge eines bestimmten Concentrations- und Hitzegrades der Natronlösung an einigen Präparaten zu Bläschen aufgequollen sind (vgl. Fig. 3*a*). Die Oberhautschüppchen frischer Haare konnte ich bisher eben so wenig wie KÖLLIKER u. A., zum Aufquellen bringen. Man betrachtet bekanntlich gerade das Ausbleiben dieser Erscheinung als ein unterscheidendes Merkmal dieser Schuppen von den gewöhnlichen Epidermiszellen.

Ich habe an die Möglichkeit einer Täuschung gedacht, indem, wenn die Flüssigkeit zwischen zwei Schüppchen eindringen würde, ein ähnliches Bild entstehen müsste, wie wenn die Wandungen eines und desselben Schüppchens durch Imbibition auseinander getrieben werden. Bei genauerem Zusehen hat sich jedoch diese Vermuthung als unstatthaft erwiesen, und die mitgetheilte Thatsache muss als solche stehen bleiben. Vielleicht gelingt es später auch an frischen Haaren Aehnliches zu beobachten.

An mit Natron gekochten Querschnitten der Haare habe ich in der Corticalsubstanz eine deutliche polygonale Zeichnung bemerkt. Die polygonalen Abtheilungen waren von verschiedener Grösse und Gestalt, und hatten meist in der Mitte einen dunkel contourirten Punkt, welcher sich bei Veränderung der Focaldistanz in die Dicke des Schnittes, als ein dünnes Stäbchen, hinein verfolgen liess. Die kleineren Zwischenräume zwischen den Polygonen hatten gewöhnlich keine oder nur sehr feine Punkte. Diese centralen Punkte hatten einen Durchmesser von 0,0006‴ bis 0,001‴, während der Durchmesser der eckigen Felder zwischen 0,0067‴ und 0,0033‴ schwankte. Diese Messungen stimmen auf so überraschende Weise mit den durch Kölliker angegebenen Dimensionen der Faserzellen der Rinde und ihrer langen dünnen Kerne überein, dass nicht nur kein Zweifel über die Bedeutung jener von mir beobachteten polygonalen Felder und Punkte übrig bleibt, sondern zugleich auch der Beweis für die Richtigkeit der Grössenverhältnisse dieser Elementartheile, welche Kölliker nach Zerfaserung der mit Schwefelsäure behandelten Rinde bestimmt hat, geliefert wird.

Die auf Durchschnitten der Rinde erscheinenden zart contourirten Polygone und rundlichen Punkte, welche ich Fig. 4 von einem marklosen Mumienhaare abgebildet habe, sind nichts anderes als die Querschnitte der über und neben einander gereihten Faserzellen der Rindensubstanz und ihrer Kerne. Es ist mir seither wiederholt gelungen, an frischen Haaren dieselbe Beobachtung zu machen.

Die Schuppen des Oberhäutchens erscheinen auf dem Querdurchschnitte der Haare als dünne, gebogene Stäbchen, welche in mehreren Lagen den Umkreis der Rinde bedecken (vgl. Fig. 4 *a*), weil sie sehr nahe über einander stehen und wie die Ziegeln eines Daches angeordnet sind, so dass eine senkrecht auf die Längsaxe des Haares gestellte Ebene, welche durch die Dicke des Oberhäutchens schneidet, auf diesem Wege mehrere Plättchen treffen muss.

Das bräunliche Pigment der Haare war theils in Form von kleinen Körnchen an den bekannten Punkten abgelagert, theils machte es sich mehr als eine diffuse, gleichmässige Färbung der Substanzen bemerklich.

Die Elemente der inneren Wurzelscheide des Haares habe ich mit aller Deutlichkeit unterschieden. Die Zellen der äusseren Schichte der inneren Wurzelscheide (HENLE's Schichte) konnten leicht im Zusammenhange und einzeln isolirt werden; sie hatten, einzeln gemessen, eine Länge von 0,013'''—0,02''' und eine Breite von 0,006''' und zeigten, wo der Zusammenhang zwischen ihnen noch nicht aufgehoben war, jene charakteristischen Spalten, welche diese Lage so leicht kenntlich machen (vgl. Fig. 5). Die innere Schichte der inneren Wurzelscheide (HUXLEY's Schichte) bestand aus polygonalen Zellen, welche keine Spalten zwischen sich liessen und kürzer und breiter waren, als die Elemente der äusseren Schichte. Die Dicke der aus diesen beiden Schichten, der HENLE'schen und der HUXLEY'schen zusammengesetzten inneren Wurzelscheide betrug zwischen 0,007''' und 0,009'''. Nach innen von der HUXLEY'schen Schichte erkannte ich noch die äussere Lage des Oberhäutchens, welches, soweit die innere Wurzelscheide reicht, den Haarbalg auskleidet und aus einzelnen dachziegelförmig sich deckenden Plättchen besteht. Die Richtung und Anordnung dieser Plättchen ist im Allgemeinen dieselbe, wie die der Schuppen des Oberhäutchens am Haarschaft.

Wurden die Haare vorsichtig aus den Bälgen herausgezogen, so blieb die innere Wurzelscheide an ihrem unteren Ende sitzen, und konnte dann leicht untersucht werden. An Falten der inneren Wurzelscheide, welche auf diese Art isolirt worden war, habe ich, bei gehöriger Focaleinstellung den Zusammenhang aller erwähnten Elemente wie an einem Durchschnitte deutlich übersehen können.

Nach einem solchen Präparate ist Fig. 6 entworfen; bei *a* erkennt man die äussere oder durchbrochene, bei *b* die innere Schichte der inneren Wurzelscheide und bei *c* das Oberhäutchen, und zwar dessen äussere, von BOWMAN und KÖLLIKER zuerst beschriebene Lage; bei *d* sind krümelige Reste der äusseren Wurzelscheide angedeutet.

3. Von dem fibrösen und elastischen Gewebe.

Nicht minder wohl erhalten als die bisher abgehandelten Gebilde, sind die Bänder, die Sehnen und die Aponeurosen. Ich hatte Gelegenheit die verschiedenen fibrösen Elemente von beiden Mumien zu untersuchen, und fand ihre physikalischen und mikroskopischen Charaktere im Allgemeinen übereinstimmend mit jenen der frisch getrockneten Theile. Wurden die hornartig spröden, bräunlichroth durchscheinenden fibrösen Gebilde in Wasser erweicht, so quollen sie fast alle bedeutend auf, und liessen sich leicht in Fasern zerlegen. Nach Zusatz von

Essigsäure oder Natronlösung verschwand die fibrillöse Structur und machte einem mehr homogenen Ansehen Platz. Dabei traten die Kerne, die Kernfasern und die elastischen Fasern, je nach der ihnen zukommenden Verbreitung, deutlicher hervor. Ich habe den ganzen rechten Arm der Knaben-Mumie in Wasser maceriren lassen und konnte hierauf die Aponeurosen, Bänder und Sehnen mit dem Scalpell verfolgen. Die Bänder hafteten meist nur lose an den Knochen, das *Lig. carpi transversum* hing jedoch noch sehr fest mit den betreffenden Handwurzelknochen zusammen, und hielt durch die straffe Spannung die zur Hohlhand laufenden Sehnen der Fingerbeuger nieder. Auf feinen Querschnitten der Bänder und Sehnen zeigte sich ihre Zusammensetzung aus einzelnen grösseren und kleineren Bündeln mit aller Deutlichkeit. In Fig. 7 ist eine kleine Partie des Querschnittes der Sehne des *Musc. flexor pollicis longus*, bei starker Vergrösserung abgebildet. Die grossen unregelmässigen, polygonal abgeplatteten Felder entsprechen secundären Sehnenbündeln, welche durch interstitielles Bindegewebe auseinander gehalten werden. Die schwarzen Pünktchen im Innern dieser Felder sind die Durchschnitte der Kernfasern, welche nach KÖLLIKER zwischen den primären Bündeln sitzen. Von den Querschnitten der zu den Primitivbündeln vereinigten Fibrillen habe ich Nichts wahrgenommen.

An vielen Punkten hatten die Sehnen das bekannte auch an Nervenbündeln vorkommende, quergebänderte Ansehen, welches in beiden Fällen der optische Ausdruck der regelmässigen, wellenförmigen Biegungen der Primitivfasern ist.

An derselben Mumie habe ich noch Stücke vom Periost und Perichondrium, ferner die *Fascia lata*, die Seitenbänder des Kniegelenkes und die *Tunica albuginea* der Schwellkörper des Penis untersucht und in entsprechender Weise erhalten gefunden.

Von der anderen Mumie lieferte das *Ligam. longitudinale anterius* der Wirbelsäule den Beweis, dass auch hier die fibrösen Elemente, wie das Bindegewebe überhaupt, vor der Zerstörung bewahrt worden sind. Bündel und Fasern waren vollkommen deutlich.

Das elastische Gewebe habe ich in ausgezeichneter Form in der *Fascia lata* und in den gelben Bändern beobachtet. Stücke der Letzteren verschaffte ich mir bei Eröffnung des Rückgratcanals der weiblichen Mumie.

Die elastischen Fasern waren dunkel contourirt, einfach, verzweigt, netzförmig verbunden und widerstanden der Einwirkung der Essigsäure, ja selbst der Alkalien sehr gut. Der Durchmesser der Fasern der *Ligamenta flava* betrug 0,0016‴ bis 0,0034‴.

Als einen Unterschied zwischen frischgetrockneten fibrösen Massen und den Bändern und Sehnen etc. der Mumien, muss ich schliesslich hervorheben, dass jene durch die Maceration die Durchsichtigkeit verlieren, und ihr weissliches silberglänzendes Ansehen wieder annehmen, während diese nach dem Aufweichen eine mehr gelatinöse Beschaffenheit zeigen.

4. Von dem Knorpel.

Die Knorpel waren bei beiden Mumien zu harten, mehr oder weniger spröden, gelbbraun oder selbst schwärzlich gefärbten, durchscheinenden Massen zusammengetrocknet, ohne übrigens durch den Wasserverlust ihre Gestalt ganz eingebüsst zu haben. In Wasser gelegt quollen sie leicht auf, und verloren ihre mitunter glasartige Sprödigkeit, so dass ich ohne Schwierigkeit feine Durchschnitte anfertigen konnte. Dabei behielten die Knorpel einen lebhaften Stich ins Gelbbraune.

Von Faserknorpeln habe ich die halbmondförmigen Zwischengelenkknorpel des Kniegelenkes der Knaben-Mumie, die *Ligamenta intervertebralia* der weiblichen Mumie und die Ohrknorpel beider untersucht.

In den ersteren fand ich keine Spur von Knorpelzellen, dagegen eine nicht undeutliche Faserung.

Die *Lig. intervertebralia* waren in eigenthümlicher Weise zusammengetrocknet. Die beiden den Wirbelkörpern unmittelbar aufliegenden Knorpellamellen hatten ihre natürliche Form und einen hohen Grad von Härte. Die peripherischen Schichten der Bandscheibe waren stark eingezogen, so dass zwischen je zwei Wirbelkörpern eine mehr oder weniger tiefe concave Rinne herumlief. Auf Durchschnitten zeigten sich um einen centralen Hohlraum concentrisch gelagerte peripherische Spalten und Gänge, welche dem centralen Kern und dem geschichteten Bau der Zwischenwirbelbänder entsprechen. Mit Wasser behandelt, quollen die Bandscheiben stark auf und liessen sämmtliche Elementartheile und deren bekannte Anordnung deutlich wahrnehmen.

Die Knorpel des äusseren Ohres endlich, welche von einem starken Perichondrium eingehüllt waren, bestanden aus einer eigenthümlich faserigen Grundsubstanz und deutlichen länglich runden, mit ein bis zwei kernartigen Massen ausgefüllten Zellen. In Fig. 8 habe ich ein Stück des Ohrknorpels gezeichnet, bei *a* bemerkt man ovale Lücken der Grundsubstanz, in welchen Knorpelzellen eingebettet waren, die in Folge der Präparation herausgefallen sind.

Besonders wohlerhalten waren die Rippenknorpel und die Knorpelringe der Trachea bei der weiblichen Mumie. Sowohl die ersteren als die letzteren hatten auf dem Durchschnitte ein schwärzliches, matt glänzendes Ansehen. Die homogene Grundsubstanz zeigte eine feine Granulirung und enthielt reichliche Knorpelzellen, an welchen scharfcontourirte theils centrale, theils wandständige Kerne und mehr oder weniger bedeutende Verdickungsschichten überaus deutlich wahrgenommen werden konnten. Die Zellen lagen theils einzeln, theils in Reihen oder Häufchen geordnet, welche offenbar Gruppen von Tochterzellen entsprechen (vgl. Fig. 10).

Die Gelenkknorpel habe ich an der kleineren Mumie untersucht. Ich fand eine fein granulirte, in unregelmässige Fasern reissende Grundsubstanz und meist kernlose, einfache oder zusammengesetzte Knorpelhöhlen. Die Anordnung der letzteren konnte auf feinen Durchschnitten leicht übersehen werden.

Gegen die freie Oberfläche lagen sie dicht gedrängt und parallel dem Umriss, in den tieferen Schichten weniger zahlreich und ohne bestimmte Ordnung. An der dem Knochen zugewendeten Seite war ihre Längsaxe mehr oder weniger senkrecht gestellt. Von den zusammengesetzten Zellen des Knorpelüberzuges der Patella habe ich, Fig. 9, eine Abbildung gegeben.

Zwischen den Gelenkknorpeln und den Knochenenden erkannte ich jene eigenthümliche Schichte von ossificirtem Knorpel, welche erst in neuerer Zeit genauer beschrieben worden ist.

Diese Schichte, von welcher sich der wahre Knochen sehr deutlich mit rundlichen Umrissen absetzt, enthält sehr schöne, grosse Knorpelzellen mit stark verdickten Wandungen, und hängt mit dem Gelenkknorpel weniger innig, als mit dem Knochen zusammen, so dass sie immer am Knochen haften blieb, wenn ich den Gelenkknorpel absprengte. Die Knorpelzellen erschienen, ohne weitere Behandlung des Präparates, als längliche, undurchsichtige Körper; nach Zusatz von etwas Salzsäure aber hellten sie sich auf, und zeigten deutliche Zellkerne und starke Verdickungsschichten. In ähnlicher Weise verhielten sich die Reste von Knorpelmasse, welche ich zwischen den noch unverwachsenen Diaphysen und Epiphysen gefunden habe. Die Knorpelzellen waren auch hier theils einfach, theils Mutterzellen mit Tochterzellen, und hatten deutliche Kerne, aber keine auffallend verdickten Wandungen.

5. Von dem Knochengewebe.

Das Periost hatte sich bei der kleineren Mumie mit den Weichtheilen an den meisten Stellen abgelöst, an einigen Punkten haftete es jedoch an den Knochen noch fest. Bei der grösseren Mumie war es noch überall nachzuweisen.

Die Knochen selbst liessen an allen Theilen, welche ich untersucht habe, meist sehr reichverzweigte Knochenkörperchen, Haversianische Canälchen und deutliche Lamellensysteme erkennen. Nach Zusatz von verdünnter Salzsäure traten die allgemeinen und speciellen Lamellensysteme noch schärfer hervor und zerfielen bei geeigneter Behandlung in einzelne Lamellen. Die Knochenkörperchen verloren dabei ihre Ausläufer und erschienen als blasse längliche Lücken.

Bemerkenswerth war mir die auffallende Morschheit der spongiösen Substanz der Wirbelkörper der weiblichen Mumie, welche sich, wie geröstetes Brod, mit dem Messer schneiden liessen.

Die Markhöhlen und Markzellen der Knochen fand ich meist ganz leer, doch ist es mir gerade an den morschen Wirbelkörpern gelungen, deutliche Reste des fettreichen Markes zu entdecken.

Ich unterschied nach Behandlung des Präparates mit etwas verdünnter Natronlösung Bindegewebe, Fettzellen und jene kernhaltigen Markzellen, welche Hasse und Kölliker in allem rothen Mark gefunden haben, und Anfangs für pathologische Producte hielten, später aber als einen constanten Bestandtheil des Markes gewisser Knochen erkannten.

6. Von den Zähnen.

In den Zähnen walten die anorganischen Substanzen in einem solchen Grade vor, dass es Niemand Wunder nehmen kann, wenn diese Gebilde bis ins mikroskopische Detail erhalten gefunden werden. Des günstigen Resultates von vornherein gewiss, verfertigte ich ein Präparat von der zufällig abgebrochenen Krone eines Schneidezahnes und ein anderes von der Wurzel eines anderen Zahnes.

Der Schmelz zeigte sich zusammengesetzt aus einzelnen Prismen, welche an mehreren Stellen fein quergestreift und in gewohnter Weise angeordnet waren. Sehr ausgeprägt erschienen jene Färbungen, die auf Längsschliffen als braungelbe, schräg von unten und innen nach aussen und oben aufsteigende Linien sich darstellen. Auf der äusseren Oberfläche des Schmelzes bemerkte ich jene zierlichen quer um die Krone herumlaufenden feinen Wülstchen und Furchen, welche ich

immer nur an den zweiten oder bleibenden Zähnen gesehen und an einem anderen Orte ausführlich beschrieben habe. Der untere Theil mehrerer Zahnkronen war mit dicken Ablagerungen von Weinstein umgeben.

Die homogene Grundsubstanz des Zahnbeines hatte einen merklichen Stich ins Gelbe, besonders an der Spitze der Krone, wo sie wegen der Abnutzung des Schmelzüberzuges frei zu Tage lag.

Die Zahncanälchen, welche sich auf dem Wege von der Pulpahöhle zur Peripherie verästelten und verjüngten, waren namentlich im unteren Theile der Wurzel an manchen Punkten unregelmässig erweitert. An der Grenze zwischen Cement und Zahnbein fand ich die kleinen eckigen Hohlräume, welche ich in meinen »Beiträgen zur mikroskopischen Anatomie der menschlichen Zähne«[1] als Interglobularräume gedeutet habe, in zahlreicher Menge vor.

Von den grösseren Interglobularräumen, welche mehr im Kronentheil des Zahnbeines vorkommen, und wie Kölliker gezeigt hat, in frischen Zähnen nicht ossificirte Dentine enthalten, habe ich nichts bemerkt. Das Cement enthielt stellenweise sehr gehäufte, grosse Knochenkörperchen mit buschig verzweigten Ausläufern.

Auf der äusseren Oberfläche des Cements zeigte sich eine ähnliche Furchung wie auf der Oberfläche des Schmelzes.

In den Keimhöhlen der Zähne, welche ich durch Anschleifen geöffnet hatte, fand ich unzweifelhafte Reste der Pulpa. Die mikroskopische Untersuchung dieser mühsam eroberten Ueberbleibsel konnte jedoch keine deutliche, sichere Spur von Nervenfasern oder Gefässen nachweisen. Dagegen waren die Fäden und Keimkörner eines Pilzes, welcher sich in den faserigen der Länge nach spaltbaren Rudimenten der Pulpa eingenistet hatte, unverkennbar. Da die untersuchten Zähne der kleineren Mumie angehörten, deren entblösstes Gesicht jahrelang dem Einflusse der wechselnden Zustände der Atmosphäre ausgesetzt war, so kann die Anwesenheit dieses Epiphyten nicht auffallen.

7. Von den Muskeln.

Bei der Untersuchung, namentlich dieses Gewebes, habe ich die Erfahrung gemacht, wie sehr das Resultat solcher Nachforschungen von der Präparationsmethode und Behandlungsweise der Objecte abhängt. Ich suchte lange vergebens nach den sonst so leicht darstellbaren quergestreiften Muskelfasern. Die verschiedensten Reagentien hatte ich ohne Erfolg angewendet; aus den verschiedensten Regionen

[1] Zeitschr. f. wiss. Zool. 1850, Bd. II, S. 295. — S. o. S. 56.

des Körpers hatte ich Theile, die nothwendig Muskelfasern enthalten mussten, der mikroskopischen Untersuchung unterworfen, und doch wollte mir es nicht gelingen, die unverkennbaren Querstreifen zu entdecken.

Schon war ich im Begriffe von diesen fruchtlosen Bemühungen abzustehen, und mich dem Gedanken hinzugeben, dass sich das Muskelgewebe trotz der Einbalsamirung eben doch zersetzt habe, als ich endlich vermittelst einer sonst nicht gerade häufig angewendeten Flüssigkeit an das erwünschte Ziel gelangte.

Diese Flüssigkeit war das Terpentinöl, welches die Eigenschaft besitzt, die verschiedensten Körper langsam zu durchdringen und aufzuhellen. Die Wirkung des Terpentinöls tritt ganz allmählich ein und man muss oft mehrere Stunden zuwarten. Den ersten günstigen Erfolg davon sah ich auf die Fasern des *Sphincter palpebrarum* der weiblichen Mumie.

Ich hatte mir einen mikroskopischen Durchschnitt von dem rechten oberen Augenlid verfertigt und denselben gleich mit Terpentinöl behandelt. Das Präparat quoll nach und nach auf, und wurde in hohem Grade durchsichtig; dabei legten sich die im Schnitte enthaltenen Bündel des *Musc. sphincter palpebrarum* unter dem leisen Drucke des Deckgläschens um und zeigten sich als kurze Säulchen von der Seite. Die Querstreifen, welche das Muskelgewebe vor allen anderen Merkmalen charakterisiren und auszeichnen, erschienen nun mit überraschender Deutlichkeit auf den umgelegten und theilweise ganz isolirten Bündeln. Dabei machte ich die Bemerkung, dass die einzelnen cylindrischen oder abgeplatteten Bruchstücke der Bündel Anfangs keine Spur von Querstreifen hatten und ganz glatt, homogen und braungelb gefärbt aussahen, und erst nach einiger Zeit, unter der Einwirkung des Terpentins, eine allmählich immer schärfer sich ausprägende Querstreifung erhielten.

Nun erst erinnerte ich mich der glatten, fast hornartigen, braungelben Bruchstücke, welche mir oft in den früheren Präparaten zwischen den Blättern der Aponeurosen und Fascien vorgekommen waren, und erkannte jetzt in ihnen die Reste der vergebens gesuchten Muskelbündel, welche nur der Durchdringung mit Terpentinöl bedurft hätten, um sich als solche zu manifestiren.

In Fig. 12 habe ich die Muskelbündel des *Sphincter palpebrarum* nach einem mit Terpentinöl behandelten Präparate abgebildet. Bei *A* ist ein Bündel, welches oben noch keine Querstreifen zeigt, während dieselben am unteren Ende schon aufzutreten beginnen, dargestellt. Das erste Bündel linker Hand zeigt bei *a* die ausgesprochene Tendenz

in die BOWMAN'schen »*disks*« zu zerfallen. Ich habe überhaupt beobachtet, dass an diesen Muskeln die Theilbarkeit nach der Quere, in Scheiben, gegen die Spaltbarkeit nach der Verlaufsrichtung der Primitivfibrillen bei weitem überwiegt. Die abgebildeten Muskelbündel hatten eine Dicke von 0,003''', 0,006''' bis 0,008'''.

Die sichere Ermittelung des Zustandes, in welchem sich das Muskelgewebe der Mumie befindet, ist um so wichtiger, als es unter jene Gewebe gehört, welche am leichtesten und schnellsten der Zersetzung und Zerstörung schon durch sehr geringe Grade der Fäulniss unterliegen.

Nachdem ich die Erhaltung des mikroskopischen Details der Muskeln mit voller Bestimmtheit erkannt habe, verliert die Conservirung der meisten anderen Gewebe alles Ueberraschende.

8. Von den Gefässen.

Die *Art. Aorta*, welche ich bei der weiblichen Mumie fast von ihrem Ursprunge am Herzen bis in die Bauchhöhle herunter verfolgen konnte, hatte eine rauhe äussere und eine glatte, schwärzlich gefärbte innere Oberfläche. Ihre peripherische Umhüllung bestand aus verfilztem Bindegewebe. Die eigentlichen Gefässwandungen, welche zu einer ziemlich harten, brüchigen Lamelle zusammengetrocknet waren, verhielten sich auf feinen, in Wasser erweichten, mit Essigsäure oder Natronlösung behandelten Durchschnitten, ganz so wie frisch getrocknete Theile dieser Arterie. Von derselben Beschaffenheit fand ich auch die grossen vom Aortenbogen abgehenden Arterien.

In der vorderen Wand des absteigenden Theiles des Aortabogens waren mehrere nicht unbeträchtliche, kalkige Ablagerungen zu bemerken. Diese pathologischen Producte sprechen, nebst der übrigen Beschaffenheit des Körpers, für ein vorgerückteres Alter des weiblichen Individuums.

Kleinere Venen, Arterien und Capillargefässe glaube ich an verschiedenen Stellen wahrgenommen zu haben; doch wage ich nicht, dies mit Bestimmtheit auszusprechen.

An der kleineren Mumie haben mir die Gefässe des Penis eine sehr günstige Gelegenheit zur Untersuchung geboten. Ich unterschied auf feinen Querschnitten des Penis mit voller Deutlichkeit die *Vena dorsalis penis* mit den beiden sie begleitenden Arterien und das zusammengesetzte, schwammige Gewebe der Schwellkörper der Ruthe und der Harnröhre. Die Gefässe hatten eine peripherische Bindegewebsschichte und eine centrale, den Ringfasern entsprechende, circulär

gestreifte Lage. In dem Balkengewebe der *Corpora cavernosa*, der Basis der Ruthe, bemerkte ich braunrothe stumpf endigende Streifen, welche vielleicht Reste des gestockten Blutes waren.

Von einer Injection der Blutgefässe mit antiseptischen Substanzen, welche in den meisten neueren Einbalsamirungsmethoden eine Hauptrolle spielt, findet sich an den ägyptischen Mumien keine Spur. —

9. Von den Nerven.

An dem in Wasser aufgeweichten rechten Arm der kleinen Mumie konnte ich, wie bereits erwähnt, die verschiedenen Fascien, Sehnen und Bänder mit dem Scalpell verfolgen. Dabei richtete ich natürlich meine Aufmerksamkeit zugleich auf die anderen Gebilde, welche sich etwa noch grob anatomisch darstellen lassen würden, und fand dann auch am Handgelenke, wo die Weichtheile mit dem Knochen in natürlicher Anordnung zusammenhingen, sowohl den *Nervus ulnaris* als den *N. medianus*; jenen am Radialrande des Erbsenbeines, diesen zwischen den Sehnen des *Musculus flexor digitorum profundus* und *sublimis*.

Beide Nervenstämme waren bräunlich gefärbt und von den benachbarten fibrösen Gebilden, welche stark aufgequollen und gelatinös erschienen, leicht zu unterscheiden. Die topographischen Verhältnisse des *Nervus ulnaris* und *medianus* stimmten so genau mit jenen dieser beiden braunen Stränge überein, dass ich die letzteren schon aus diesem Grunde für nichts anderes halten konnte, als für die Rudimente der genannten Nerven.

Die mikroskopische Untersuchung ergab nebst den fibrösen Elementen, welche der Umgebung und der Hülle angehörten, noch eigenthümliche, gelblich gefärbte Fasern von 0,0031''' bis 0,0062''' Dicke, welche jedenfalls Nervenfibrillen waren. Diese Fasern hatten wellig gebogene, unregelmässige Contouren und liessen hie und da eine Runzelung bemerken, wie sie gerinnendes Nervenmark zeigt. Ihre Consistenz und Biegsamkeit erinnerte mich lebhaft an die in Chromsäure oder Sublimat gehärteten Axencylinder der Nervenfasern. Ihre lichtbrechende Kraft war nicht gering, eben so ihre Durchsichtigkeit, denn wo sich zwei Fasern überdeckten, konnte ich die Umrisse der tiefer liegenden durch die Substanz der deckenden Faser hindurch deutlich sehen.

In Fig. 11 habe ich mehrere Primitivfasern des *N. medianus*, welchen ich nach Durchschneidung des queren Handwurzelbandes zwischen den Sehnen der Fingerbeuger hervorholte, dargestellt. Die abgebildeten Fasern sollen, falls es auf der Tafel gelungen ist, ihren

natürlichen Charakter zu treffen, den Eindruck von gehärteten Axencylindern machen, und müssen schon durch ausschliessende Diagnose als nervöse Elemente erkannt werden, da es weder fibröse, noch elastische, noch auch muskulöse Fasern sein können.

Ich habe oben bei der Beschreibung der Mumien erwähnt, dass die Köpfe Beider die Spuren der Excerebration an sich trugen. In der Schädelhöhle des fast gänzlich skeletisirten Kopfes des Knaben fanden sich auch nicht einmal mehr Reste von dem Harze, mit welchem die Balsamirer das entleerte Cranium ausfüllten.

Bei der weiblichen Mumie war das Gehirn ebenfalls durch die Nase entfernt worden; die Eröffnung der ohne Zweifel mit Harz ausgegossenen Schädelhöhle hätte mir daher eben so wenig Material zur mikroskopischen Untersuchung des Gehirns verschaffen können, als der leere Schädel des Knabens. Ich stand unter diesen Umständen von der Eröffnung des Craniums, dessen völlige Erhaltung aus anderen Gründen wünschenswerth erschien, gern ab. Dagegen versprach ich mir von der Eröffnung des Rückgratscanals irgend ein bemerkenswerthes Resultat, denn entweder mussten sich Reste des Rückenmarks daselbst finden oder doch Aufschlüsse über das Schicksal dieses Organes gewinnen lassen. Ich erbrach den Rückgratscanal von der Leibeshöhle aus, indem ich einige der morschen Wirbelkörper ohne bedeutende Schwierigkeit entfernte. Unter den vorsichtig abgehobenen Wirbelkörpern fand sich das *Ligamentum longitudinale posterius*, welches mit denselben ziemlich lose zusammenhing. Nachdem ich auch diese Decke gelüftet hatte, lag der Rückgratscanal offen da. Ich überzeugte mich nun, dass vom Rückenmark nicht die geringste Spur vorhanden war, während einige Reste der Rückenmarkshüllen mit dem erwähnten Längsbande zusammenhingen. An der hinteren Wand des Rückgratscanals entdeckte ich eine Schichte von Harz. Die inneren Oberflächen der Wirbelbogen markirten sich in der Weise durch die Harzschichte hindurch, dass ich sie zählen und ihre Gestalt deutlich erkennen konnte. Es ergab sich als endliches Resultat dieser Untersuchung, dass die Balsamirer nicht nur das Gehirn, sondern auch das Rückenmark auf künstliche Art entfernt und die geleerten Räume mit Harz ausgegossen haben. Das im Rückgratscanal gefundene Harz war ohne Zweifel aus der Schädelhöhle, welche in liegender Stellung des Cadavers mit Harz gefüllt wurde, an der hinteren Wand des Canals herabgeflossen.

Ich muss hier an die oben angeführte zweite Methode der Excerebration erinnern, wo man die Centraltheile des Nervensystems, statt durch die Nase, durch eine quere Oeffnung herauszog, welche von

hinten her durch die Dicke der Nackenmuskeln zwischen Atlas und Hinterhauptbein angelegt wurde. In diesem Falle war dann das Rückenmark so leicht zugänglich, dass es gewiss nebst dem Gehirn entfernt worden ist. Anders verhält es sich bei der Excerebration durch die Nase. Es könnte hier die Frage aufgeworfen werden, ob es möglich war, bei so ungünstiger Lage der Excerebrationsöffnung die Entfernung des entlegenen Rückenmarkes zu bewerkstelligen?

Zunächst möchte ich als Antwort darauf bemerken, dass es selbst schwer halten würde, die Entfernung des Gehirns, namentlich des versteckten Cerebellums, zu begreifen, wenn man sich vorstellen wollte, dass es die Balsamirer unternommen hätten mit dem gekrümmten Eisen, von welchem man bei den Schriftstellern liest, die unebenen Schädelgruben auszuräumen. Meiner Ansicht nach müssen die Balsamirer die Excerebration auf eine andere Weise ausgeführt haben, — nach einer Methode nämlich, welche sie auch bei der Entfernung der Eingeweide benützt haben, wenn keine Seitenöffnung in den Bauchwandungen angelegt worden war. Die angeregten Zweifel werden durch diese nahe liegende, bis jetzt, meines Wissens, noch nicht versuchte Erklärung auf die einfachste Art gelöst.

Schon Herodot erzählt, dass die Balsamirer eine besondere Flüssigkeit besassen, welche, beim After eingespritzt, sämmtliche Eingeweide zerstört und herausgespült habe. Rouyer sagt hierüber (a. a. O., S. 482) Folgendes: »*Pour parvenir à faire sortir les intestins sans ouvrir le bas-ventre, selon Hérodote, on injectait du cedria par le fondement; et pour les pauvres, on se servait d'une liqueur composée, appelée suraïma, qui, au bout de quelques jours, entraînait les viscères. Comme on ne peut pas supposer que la résine du cèdre, qui n'est que balsamique, ait eu la propriété de dissoudre les intestins, non plus que cette prétendue liqueur purgative désignée dans le texte grec par le nom de suraïma, il est beaucoup plus naturel de croire que ces injections étaient composées d'une solution de natrum rendue caustique, qui dissolvait les viscères; et qu'après avoir fait sortir les matières contenues dans les intestins, les embaumeurs remplissaient le ventre de cedria ou d'une autre resine liquide, qui se desséchait avec le corps*«.

Mir erscheint es nunmehr als wahrscheinlich, dass bei der Excerebration dasselbe Verfahren befolgt wurde, um die versteckten Nervenmassen aufzulösen und herauszuschwemmen. Wenn man bedenkt, wie unzugänglich die Vertiefungen der Schädelbasis von der Nase aus sind, wie klein die Oeffnung selbst war und wie sorgfältig jede Zerstörung der äusseren Nase vermieden worden ist, so wird man diese Vermuthung sehr plausibel finden. Jenes eiserne Instrument mag zur

Durchbohrung des Siebbeins, zur Zerreissung der Hirnhäute und zur vorläufigen Zerstückelung des Gehirns gedient haben, welche einer Injection der corrodirenden Flüssigkeit jedenfalls vorausgegangen sein muss. Nach erfolgter Injection und endlicher Zerstörung und Entfernung des Gehirns und Rückenmarks wurde dann ein flüssiges Harz in den leeren Schädel gefüllt, welches bis in den Rückgratscanal herabfloss, woselbst es noch heute zu finden ist.

Fragen wir uns schliesslich, auf welche Weise durch die Einbalsamirungsmethode der alten Aegypter die erstaunlich weit gehende Erhaltung der beiden Mumien, die Conservirung selbst des mikroskopischen Details der Gewebe möglich war, so werden wir als die wesentlichsten Momente hervorheben müssen:

1. Die antiseptische Wirkung der zur Einbalsamirung verwendeten Stoffe,

2. die durch das Klima und den Aufbewahrungsort begünstigte Entziehung und Verflüchtigung der flüssigen Bestandtheile, und

3. endlich die Hintanhaltung der atmosphärischen Luft und Feuchtigkeit, durch die zahlreichen Binden und den Harzüberzug, welcher unmittelbar auf dem Körper mancher Mumien gefunden wird.

Die umsichtige Untersuchung anderer Mumien wird zu ähnlichen, vielleicht noch zu günstigeren Resultaten führen. Interessant wäre es, die Mumien der übrigen Völker, welche diese Kunst übten, gleichfalls mikroskopisch zu untersuchen und die gefundenen Thatsachen mit den Beobachtungen an den ägyptischen zu vergleichen.

Trotz der Menge der ausnehmend gut erhaltenen Gewebe gibt es dennoch verschiedene Theile des Körpers, deren Structurverhältnisse nicht hinreichend deutlich darzustellen sind, um mit Sicherheit erkannt zu werden. So habe ich die in einen Klumpen zusammengewickelten in der Bauchhöhle gefundenen Gedärme wohl als solche erkannt, war aber nicht im Stande zu bestimmen, welchem Theile des Darmcanals dieselben angehört haben mochten. Auch die sorgfältigste Untersuchung, die verschiedensten Präparationsmethoden werden häufig genug nicht zum Ziele führen. Dies darf wohl gegenüber den 2000 und mehr Jahren, welche an diesen merkwürdigen Ueberbleibseln ferner Tage vorübergerauscht sind, gar nicht Wunder nehmen!

»*Il faut moins s'étonner de trouver plusieurs parties altérées ou détruites dans les momies, que d'en voir tant de conservées*« (JOMARD).

Tabelle
zur Vergleichung der mikrometrischen Bestimmungen der Gewebstheile der Mumien mit den Messungen der frischen Theile nach A. Kölliker.

Gegenstand.	Grössenverhältniss desselben, in *W. L.* ausgedrückt.	
	Von der Mumie.	Vom Frischen.
Fettzellen im Unterhaut-Zellgewebe	0,02 —0,026	0,022 —0,034
Epidermiszellen mit Natronlösung behandelt; Längsdurchmesser	0,016	0,02 —0,032
Querdurchmesser	0,013	0,016 —0,02
Nagelzellen	0,016	0,016
Kerne der Nagelzellen; Länge	0,004	0,003 —0,0046
- - - Dicke	0,0015—0,002	0,002
Faserzellen der Rinde des Haares; Querdurchmesser	0,0067—0,0033	0,005 —0,002
Spindelförmige Kerne derselben; Dicke . . .	0,0006—0,0001	0,0005—0,00012
Zellen der durchbrochenen Schichte der inneren Wurzelscheide; Länge	0,013 —0,02	0,016 —0,02
Breite	0,006	0,004 —0,006
Dicke der inneren Wurzelscheide	0,007 —0,009	0,006 —0,015
Fasern der *Lig. flava*	0,0016—0,0034	0,0015—0,003
Dicke der quergestreiften Muskelbündel des *Musc. sphincter palpebrarum*	0,003 —0,008	0,005 —0,016
Primitivfibrillen des *Nerv. medianus* . . .	0,0031—0,0062	0,001 —0,006

2.

Während meines Aufenthaltes in Bordeaux im August des Jahres 1853 kam ich mit meinem Reisegefährten, Herrn A. Jourdier, bei Besichtigung der grossen gothischen Kirche in St. Michel in das sogenannte »Caveau de St. Michel« — ein unterirdisches Gewölbe des isolirt stehenden Glockenthurmes, welches mit einer beträchtlichen Anzahl von wohlerhaltenen, mumificirten Leichnamen angefüllt ist. Im Jahre 1793 hatte man in Folge der Verordnung: die Begräbnissplätze in die Umgebungen der Städte zu verlegen, auch den Kirchhof von St. Michel umgegraben und cassirt. Dabei fand sich's, zu nicht geringem Erstaunen der Bevölkerung, dass ein grosser Theil der ausgegrabenen Leichname unzerstört und wohlerhalten war. Diese zufällig mumificirten Leichname wurden dann als eine grosse Merkwürdigkeit in das runde Gewölbe des Glockenthurms gebracht und daselbst längs der Wand in einem grossen Kreise aufgestellt zur Besichtigung für Fremde und Einheimische, von denen sich namentlich der weibliche Theil herzudrängt, um, wie in dem »Chamber of horrors« des bekannten Wachsfigurencabinets der Mad. Tissot in London, in Furcht, Grausen und Thränen zu schwelgen.

Da ich schon früher Untersuchungen über den Grad der Conservirung künstlicher (und zwar ägyptischer) Mumien angestellt hatte, deren Resultate im IX. Bande, S. 427 der Sitzungsberichte der K. Akademie der Wiss. in Wien vom Jahre 1852 (oben S. 112) veröffentlicht wurden, so musste es für mich von Interesse sein, die Mumien des Caveau's, welche nicht in Folge einer absichtlichen, künstlichen Einbalsamirung, sondern durch das zufällige Zusammentreffen schwer zu ermittelnder natürlicher Umstände entstanden waren, ebenfalls genauer zu untersuchen, um zu sehen, ob und in wie weit sich dieselben, abgesehen von den äusseren Formen, conservirt haben oder nicht.

Schon hatte ich ein passendes Stück einer Mumie, welches abgebrochen auf dem Boden lag, ausersehen und wollte es eben einstecken, als der uns begleitende Kirchendiener mein beabsichtigtes Sacrilegium bemerkte und entschiedenen Protest dagegen einlegte. Mir blieb nichts Anderes übrig, als meine Beute wieder abzuliefern und bei einem der Kirchenvorsteher eine Autorisation zu meinem Raube zu erbitten. Der Advocat Herr Dupont, einer der Vorsteher, hat mir die nachgesuchte

Erlaubniss sehr bereitwillig gegeben, und ich halte es für eine angenehme Pflicht, demselben hiermit öffentlich meinen Dank zu sagen.

So kam ich in den Besitz der Hand und des halben Vorderarms einer Mumie aus dem Caveau de St. Michel, welche ich als Material zur vorliegenden Untersuchung verwendet habe.

Man kennt zwar mehrere Orte in Deutschland und in der Schweiz, wo sich solche mumificirte Leichname finden — allein meines Wissens hat bisher noch Niemand eine genauere Untersuchung des Zustandes, in welchem sich die einzelnen Gewebe derselben befinden, unternommen, so dass die nachfolgende kurze Mittheilung, welche gewissermaassen als Anhang zu meinen oben citirten Beobachtungen zu betrachten ist, nicht unwillkommen sein dürfte.

Die äussere Haut erscheint als eine dunkelbraune, lederartige Masse, welche zum grossen Theile durch bedeutende lufthaltige Räume von den unter derselben befindlichen Weichtheilen und Knochen getrennt ist. An der Hohlhand in der Nähe des Daumenballens befindet sich eine ziemlich grosse unregelmässige Oeffnung, welche zu den lufthaltigen Räumen im Innern der Hand führt und bis auf die entblössten Knochen des Metacarpus hineinzusehen gestattet.

Bei der mikroskopischen Untersuchung der Haut zeigte sich das Derma und das subcutane Bindegewebe vollkommen wohlerhalten; von dem Papillarkörper und der Epidermis habe ich jedoch nur sehr undeutliche Spuren auffinden können. Die Nägel waren leider abgefallen. In den Maschen des subcutanen Bindegewebes, welche meist nur mit Luft gefüllt waren, kamen einzelne wohlerhaltene Häufchen von wasserhellen, polygonal abgeplatteten Fettzellen vor.

Die Sehnen und Bänder, die Fascien und Aponeurosen u. s. w. sind so vollkommen conservirt, dass die von denselben gefertigten Präparate kaum von frischen Präparaten unter dem Mikroskope zu unterscheiden sein dürften. Werden diese Theile in Wasser aufgeweicht, so quellen sie wohl auf, nehmen aber nicht mehr das weisslich silberglänzende Ansehen des frischen fibrösen Gewebes an, sondern sie bleiben durchscheinend. Dieses eigenthümliche Verhalten des fibrösen Gewebes habe ich auch schon bei den ägyptischen Mumien bemerkt und a. a. O. (S. 32 des Separatabdruckes, vgl. oben S. 141) erwähnt; es deutet, wie mir scheint, darauf hin, dass das fragliche Gewebe eine besondere physikalische Veränderung erleidet, wenn es sehr lange in trockenem Zustande aufbewahrt wird. Ferner glaube ich auch bemerkt zu haben, dass die Essigsäure weniger rasch auf das fibröse Gewebe der Mumien, als auf frisches einwirke — obschon die gewohnte Wirkung keineswegs ausbleibt.

Zwischen den Blättern der Fascien und Aponeurosen fand ich die Reste der quergestreiften Muskelfasern, welche in eine braungelbe, fast hornartig durchscheinende Masse umgewandelt waren. Dieses Verhalten des Muskelgewebes gleicht vollkommen jenem der Muskeln der ägyptischen Mumie, wie ich es a. a. O. S. 37 (oben S. 145) beschrieben habe, nur mit dem Unterschiede, dass ich im letztern Falle die Querstreifen durch Behandlung des Präparats mit Terpentinöl deutlich machen konnte, während sich im erstern Falle selbst nach Anwendung dieses Reagens, nur sehr undeutliche Spuren von Primitivbündeln und Querstreifen zeigten. An vielen Stellen, so namentlich zwischen den Metacarpus-Knochen waren die Muskelmassen völlig verwittert und spurlos verschwunden.

Die Nerven haben dagegen der Zerstörung auf eine überraschende Weise widerstanden. Ich konnte dieselben mit dem Scalpell von den Hauptstämmen durch die Hohlhand bis gegen die Fingerspitzen als hellbräunliche Stränge verfolgen. Unter dem Mikroskop erkannte ich mit voller Sicherheit die Fasern des Neurilemms und die einzelnen Nervenprimitivfibrillen, welche sich als deutliche mit coagulirtem, krümeligem Nervenmark gefüllte Röhren darstellten. Ich habe an frischen Präparaten die structurlose Scheide der Primitivfibrillen niemals so deutlich gesehen, wie hier. Die Nervenfasern der ägyptischen Mumien hatten ganz das Aussehen von in Chromsäure oder Sublimat gehärteten Axencylindern (a. a. O. S. 39 und Fig. 11, vgl. oben S. 147) und unterscheiden sich demnach sehr wesentlich von den eben beschriebenen Fasern, was offenbar von den verschiedenen Umständen herrührt, unter welchen die beiden Arten von Mumien sich gebildet haben.

Das Nervenmark der Fibrillen der ägyptischen Mumien scheint nämlich keine Zeit gehabt zu haben, zu coaguliren und in Krümel zu zerfallen, weil es gleich nach dem Tode des Individuums dem Einbalsamirungsprocesse ausgesetzt wurde und unter der Einwirkung der zur Balsamirung verwendeten Stoffe sehr rasch zu einer elastischen Masse erhärtete; während das Nervenmark der bordeauxer Mumien in seiner Zersetzung durch nichts gehindert, nur im Zustande der Zersetzung, im günstigsten Falle, eben in einem Anfangsstadium der Zersetzung (durch endliche Eintrocknung) conservirt werden konnte. Aehnliches scheint für die Muskelsubstanz zu gelten, woraus sich dann leicht der schlechtere Zustand, in dem sich die Muskeln der bordeauxer Mumien befinden, erklären liesse.

Die Vater-Pacinischen Körperchen sind entweder verwittert und nicht mehr vorhanden oder sie sind meiner Aufmerksam-

keit entgangen, so viel ist sicher, dass ich keines derselben gefunden habe. Die letztere Möglichkeit erscheint mir, in Hinsicht auf den wohlconservirten Zustand der Nerven, die wahrscheinlichere.

Von dem Gefässsystem habe ich die Arteria radialis untersucht. Sie liess sich noch recht gut in einzelne Lamellen trennen. Ich unterschied die *Tunica elastico-conjunctiva* (DONDERS und JANSEN) mit ihren elastischen und Bindegewebsfasern und die *Tunica strata elastica* mit den gefensterten Häuten. Die mittlere elastisch-muskulöse Haut der Arterie war nicht gut erhalten, wenigstens konnte ich ihre einzelnen histologischen Elemente nicht deutlich wieder erkennen.

An den Knorpeln der verschiedenen Gelenke nahm ich die bekannte Structur derselben recht deutlich wahr.

Dass die Structur der spongiösen sowohl als der compacten Knochensubstanz in keiner Weise alterirt war, versteht sich wohl von selbst. Vom Knochenmark fand ich nur undeutliche Spuren, indem die Markhöhlen der Knochen blos mit Luft gefüllt erschienen. Es fragt sich hierbei, auf welchem Wege und auf welche Art das Mark aus den mit den Weichtheilen und der unverletzten Haut noch völlig umgebenen Knochen so vollständig verschwinden konnte?

Das Periost fehlte an manchen Knochen, z. B. den *Oss. metacarpi*, ganz vollständig.

Die bordeauxer Mumien stehen den ägyptischen hinsichtlich der Conservirung des mikroskopischen Details ihrer Gewebe kaum nach. Muss man freilich auf der einen Seite zugeben, dass sich die ersteren in Bezug auf ihr Alter mit den letzteren nicht im Entferntesten vergleichen lassen, so darf man auf der andern Seite auch wieder nicht vergessen, dass die bordeauxer Mumien doch mindestens über 60 Jahre alt sind und, ohne einbalsamirt und geschützt zu sein, seit dem Jahre 1793 dem wechselnden und zerstörenden Einfluss der Atmosphäre, in Folge dessen sie über kurz oder lang in Moder verfallen werden, preisgegeben sind. Die Mumien des Caveau de St. Michel liefern uns demnach ein bemerkenswerthes Beispiel von der Möglichkeit, den ewigen Kreislauf des Stoffes beträchtlich zu verlangsamen, ja auf längere Zeit ganz zu hemmen, d. h. für das Bestehende unschädlich zu machen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 9.

Fig. 1. Querschnitt des Nagels vom Ringfinger der weiblichen Mumien mit Natron gekocht; *a* Nagelzellen, *b* deren Kerne, *c* MALPIGHI'sches Netz aus zartwandigen kernlosen Bläschen bestehend; die Kerne sind durch das Natron aufgelöst worden.

Fig. 2. Längsschnitt desselben Nagels in der Nähe der Wurzel. *a* Epidermiszellen, welche sich vom Nagelfalz über den Grund des Nagels herüberschieben, *b* abgeplattete Nagelzellen der oberflächlichen Schichten, nicht vollständig aufgequollen.

Fig. 3. Mit Natronlösung gekochtes Kopfhaar der weiblichen Mumie. *A* das Oberhäutchen, dessen dachziegelförmig sich deckende Schuppen hie und da zu Bläschen ausgedehnt sind (*a*). *B* Rindensubstanz mit den langen spindelförmigen Kernen. *C* Markzellen.

Fig. 4. Querschnitt eines marklosen, 0,066''' dicken Haares; *a* Schuppen des Oberhäutchens, *b* Durchschnitte der Faserzellen der Rindensubstanz, *c* Durchschnitte der spindelförmigen Kerne.

Fig. 5. Die äussere durchbrochene Schichte der inneren Wurzelscheide.

Fig. 6. Die innere Wurzelscheide; *a* HENLE's Schicht, *b* HUXLEY's Schicht, *c* äussere Lage des Oberhäutchens.

Fig. 7. In Wasser aufgeweichter Querschnitt der Sehne des *Musc. flexor pollicis longus* von der kleineren Mumie.

Fig. 8. Ohrknorpel von der kleineren Mumie; faserige Grundsubstanz (*b*), welche die Knorpelzellen einschliesst; leere Lücken ausgefallener Knorpelzellen (*a*).

Fig. 9. Flächenschnitt des Gelenkknorpels der Patella; mehrere Zellen liegen in der Tiefe und erscheinen als dunkle Flecken.

Fig. 10. Knorpelzellen mit sehr stark verdickten Wandungen und deutlichen Kernen; aus dem Rippenknorpel der weiblichen Mumie.

Fig. 11. Nervenfibrillen aus dem *Nerv. medianus*; *a* zwei aufeinander liegende Fasern, welche einen Axencylinder mit der Markscheide vortäuschen, *b* eine Faser mit deutlich gerunzelter, dem geronnenen Nervenmark entsprechender Substanz.

Fig. 12. Muskelbündel aus dem Ringmuskel der Augenlider; mit Terpentinöl behandelt. *A* ein aus mehreren Bruchstücken bestehendes Bündel, dessen oberer Theil noch keine Querstreifen zeigt. Diese Muskeln haben die Tendenz in Scheiben zu zerfallen (*a*). Die Querstreifen erscheinen oft winkelig gebogen (*B*, *C*).

Fig. 13. Unterhaut-Zellgewebe mit einem Neste von Fettzellen, von der Beere der grossen Zehe der weiblichen Mumie; mit Natronlösung behandelt.

X.

Ueber den Bau und das optische Verhalten der Haut von Ascaris lumbricoïdes.

[Sitzungsberichte der mathem.-naturwissenschaftlichen Classe der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien. 1852. Novemberheft, Bd. IX. S. 755.]

Die Haut von *Ascaris* ist aus mehreren histologisch verschiedenen schichtenweise über einander liegenden Elementen zusammengesetzt und kann mit Leichtigkeit in beliebig grossen Stücken als eine dünne elastische, glashelle Lamelle isolirt werden.

Auch die einzelnen Schichten, aus welchen die Haut besteht, lassen sich in grösserer oder geringerer Ausdehnung von einander abziehen und trennen.

Die Beschaffenheit und Aufeinanderfolge der Schichten habe ich an flächenförmig ausgebreiteten, sorgfältig gereinigten Hautstücken, bei allmählichem Verändern der Focaldistanz, und an Durchschnitten und Faltungen der Haut, welche in verschiedener Richtung angelegt waren, ermittelt. Ich kann die bisherigen Angaben über den Bau der Ascariden-Haut wesentlich vervollständigen, indem ich bei der von mir befolgten Untersuchungsmethode eine eigenthümliche Hautschichte aufgefunden habe, welche, wie ich aus v. SIEBOLD's Lehrb. der vergl. Anat. der wirbellosen Thiere, S. 114, ersehe, den früheren Beobachtern entgangen ist, obschon sie die anderen Schichten bei weitem an Mächtigkeit übertrifft.

Der Beschreibung des optischen Verhaltens schicke ich die Darstellung des Baues des Ascariden-Haut voraus.

a) Zunächst nach aussen findet sich eine etwa 0,007 W. L. dicke, das Licht stark brechende Schichte, welche durch regelmässig angeordnete Furchen in dicht auf einander folgende, bis 0,01‴ breite Querringel getheilt ist, und von den Autoren als Epidermis gedeutet wird.

Auf Durchschnitten erkennt man, dass die Epidermis nach innen eine zarte faserige Structur besitzt, während sie nach der Oberfläche in ein homogenes Gewebe übergeht. Am deutlichsten sieht man diese Fältchen oder Fasern der Epidermis, welche mehr oder weniger senkrecht auf die Querringel gestellt sind, wenn man ein gereinigtes Hautstück parallel mit den Querringeln in der Art faltet, dass die Epidermis nach innen zu liegen kommt.

Die Furchen, welche mit einander correspondirend an der äusseren und inneren Fläche der Epidermis vorkommen und die Entstehung der feinen Querringel bedingen, laufen nicht einfach in sich selbst zurück, sondern spalten sich manchmal dichotomisch und werden mit wenigen Ausnahmen an jenen Stellen, welche den beiden Seitenlinien des Thieres entsprechen, plötzlich ganz unterbrochen. Fig. 1 stellt ein Stück Epidermis der Seitenlinie dar. Man sieht, wie die Querringel in Folge des Verhaltens der Furchen theils mit abgerundeter Spitze enden, theils mit einander verschmelzen.

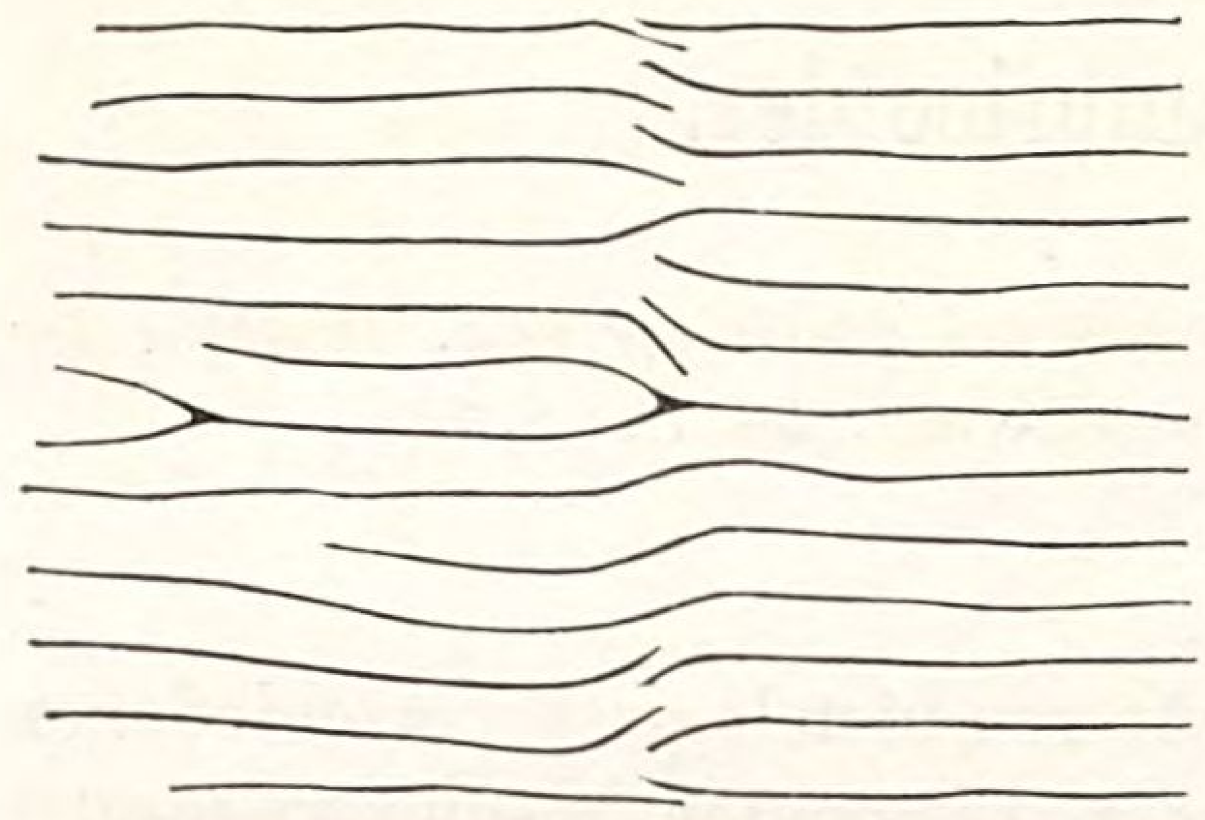


Fig. 1.

In dem Raume zwischen den Seitenlinien sind die Theilungen und Unterbrechungen der Furchen nur selten zu treffen, so dass die Querringel daselbst fast durchgängig die gleiche Breite und einen unter sich parallelen Verlauf haben.

b) Als Resumé der bisherigen Beobachtungen über das Corium der Nematoden findet sich bei Siebold a. a. O. folgende Stelle: »Das unter der Epidermis liegende Corium hat eine faserige Structur, indem sich zwei Faserschichten als Quer- und Längsfasern in einem rechten Winkel und zwei andere Faserschichten schief durchkreuzen.« Ich erkannte zwischen der Epidermis und den von Siebold aufgezählten vier Faserschichten noch eine, bis 0,02‴ und darüber dicke Lage einer farblosen, dem geronnenen Eiweiss nicht unähnlichen Substanz, welche ganz homogen aussieht.

Siebold beschreibt a. a. O. S. 115, Anm. 4, die Structur der Haut der sogenannten Mutterblase von *Echinococcus* und giebt an, dass sich daselbst »keine Epidermis von einem Corium unterscheiden lässt, indem die Haut aus einer verhältnissmässig dicken, dem geronnenen Eiweisse ähnlichen Membran besteht, welche aus einer grossen Menge sehr dünner, homogener, dicht über einander liegenden Lamellen zusammengesetzt wird«.

Ich führe diese Beobachtung deshalb an, weil die zwischen der Epidermis und dem faserigen Theile des Coriums eingeschaltete homogene Schichte der Haut von *Ascaris* ein ähnliches Gewebe, wie jenes der structurlosen Lamellen die Mutterblase von *Echinococcus* zu sein scheint, und weil sie die Vermuthung wahrscheinlich macht, dass sich bei weiteren Untersuchungen über die Hautbedeckung der Helminthen solche homogene Lagen viel allgemeiner, als bisher bekannt ist, als wesentliche Bestandtheile der Haut finden dürften.

Längs der beiden Seitenlinien geht durch die ganze Dicke der homogenen Schichte eine senkrechte Trennungsspur oder Rhaphe, an deren unterem Ende eine seichte Furche hinläuft, welche sich auf Querdurchschnitten der Haut als eine leichte Einschnürung darstellt.

c) Unterhalb der homogenen Schichte trifft man eine 0,006‴ dicke Lage von Fasern, welche unter sich parallel in schräger Richtung verlaufen; hierauf folgt eine zweite solche Lage von schrägen Fasern, welche sich mit den Fasern der vorigen Schichte unter einem Winkel von weniger als 45° kreuzen.

Es entstehen durch diese Ueberkreuzung Parallelogramme und Rhomben.

Gegen die Längsaxe des Thieres sind die Fasern beider Schichten unter demselben Winkel, nur von entgegengesetzter Seite her, geneigt und laufen also eigentlich in Spiraltouren. Dieser Neigungswinkel beträgt etwas mehr als die Hälfte von 135°.

Die Längsaxe des Thieres fällt mit der kurzen Diagonale der rhombischen Durchkreuzungsfiguren zusammen; die Querringel der Epidermis sind mit der langen Diagonale parallel.

Was den Windungstypus der von den Fasern beschriebenen Spiraltouren angeht, so habe ich an den von mir untersuchten Hautstücken gefunden, dass die Fasern der äussern Schichte in laeotropen oder linksgewundenen Spiralen, die der innern Schichte in dexiotropen oder rechtsgewundenen Spiralen verlaufen. (Vgl. über diese Begriffsbestimmungen Listing's: Vorstudien zur Topologie. Abgedr. aus den Göttinger Studien, 1847, S. 34).

d) Unter der innern Spiralfaserschichte liegt ein überaus dünnes, durchsichtiges Häutchen, welches eine deutliche, wenn auch sehr zarte Längsstreifung zeigt.

Auf diese Schichte endlich folgt, wie ich an in Weingeist aufbewahrten Ascariden sehe, eine grob granulirte Membran, welche an ihrer äusseren Oberfläche eine mehr oder weniger deutliche Querfaserung erkennen lässt. In unmittelbarer Berührung mit dieser Lamelle

stehen dann die Längs- und die Quermuskeln, deren animaler Charakter häufig mit ausgezeichneter Schärfe hervortritt.

Um den Zusammenhang der beschriebenen Schichten schnell zu übersehen, habe ich eine schematische Darstellung eines Längsdurchschnittes der Haut (Fig. 2) entworfen.

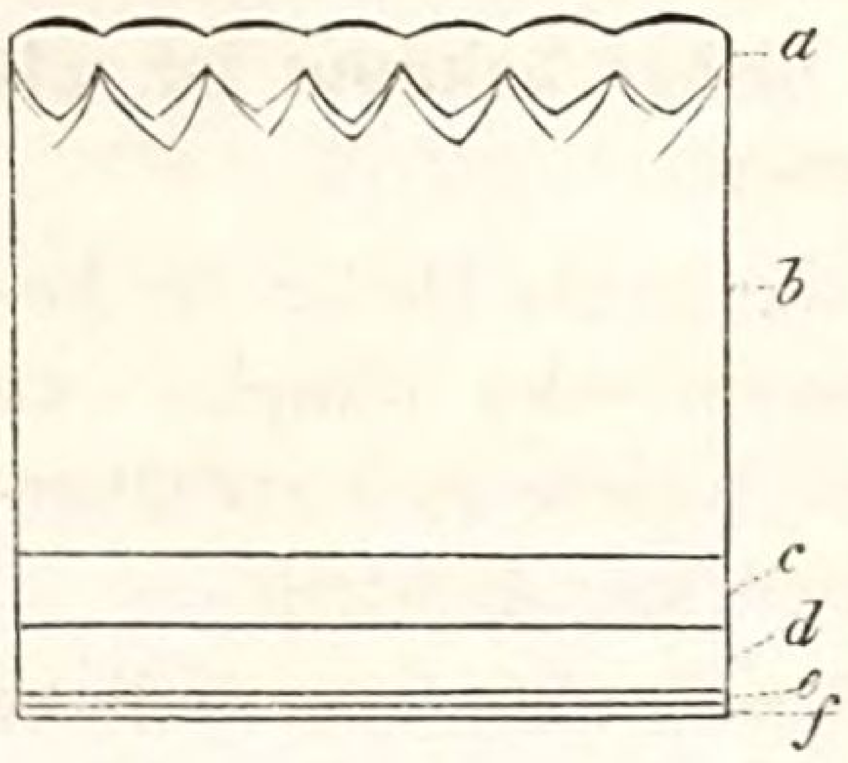


Fig. 2.

a die Durchschnitte der Querringel der Epidermis, an deren unterer Fläche die faserige Structur angedeutet ist; *b* die homogene Schichte; *c* die äussere, *d* die innere Spiralfaserschichte; *e* die Längs-, *f* die Querfaserschichte.

Beim Abziehen und Reinigen der zu den optischen Versuchen bestimmten Hautstücke entfernt man nicht nur die mit den Muskeln inniger zusammenhängende Querfaserschichte, sondern meist auch die zarte längsgestreifte Lamelle, so dass nur die Epidermis, die homogene Schichte und die beiden Spiralfaserlagen übrig bleiben, welche zusammen eine glashelle, etwa 0,039‴ bis 0,04‴ dicke Membran darstellen.

Die optischen Erscheinungen, welche ich durch diese Membran beobachtet habe, sind nun folgende:

1. Die zierlichen, feinen Querringel der Epidermis bringen ein sehr brillantes Beugungsphänomen hervor. Sieht man durch ein zwischen zwei Glasplatten und unter Wasser ausgebreitetes Hautstück, das dicht vor das Auge gehalten wird, nach einer Kerzenflamme, so gewahrt man in der Mitte das unveränderte Bild der Flamme, zu beiden Seiten aber in einer geraden Linie auf einander folgende, lebhaft gefärbte Spectren, welche mehr oder weniger zu einem Lichtband zusammenfliessen. Die Spectren nehmen an Grösse und Intensität ab, je weiter entfernt sie von der Medianlinie stehen. Ich habe bis 4 Spectren auf jeder Seite der Flamme gezählt. Der innere, der Flamme zugewendete Rand der Spectren ist blau gefärbt, darauf folgt Grün, dann Gelb und endlich Roth. Dort wo die Ränder der Spectren zusammenfallen, erscheint Violet.

Nebstdem bemerkte ich jederseits zwei gelbliche, etwas verwaschene Strahlenbüschel, wenn die Entfernung der gesehenen Kerzenflamme eine gewisse Grösse nicht überstieg. Die Strahlenbüschel derselben Seite convergirten von oben und von unten gegen das zweite Spectrum hin und hatten gegen einander eine Neigung von weniger als 45°. Der Winkel, unter dem die Spiralfasern der Haut gekreuzt sind, ist derselbe; allein die Richtung der Strahlenbüschel fällt nicht

mit der Richtung der Spiralfasern zusammen, sondern kreuzt sich mit der letzteren.

Legt man zwei Hautstücke derart über einander, dass sich die Querringel der Epidermis unter einem rechten Winkel kreuzen, so erhält man dieselbe prachtvolle Erscheinung, welche FRAUENHOFER durch seine gekreuzten feinen Gitter beobachtet hat.

Der erwähnten gelblichen Strahlenbüschel erscheinen unter diesen Umständen 8, welche abwechselnd einen Winkel von 90° mit einander machen.

2. Die Haut von *Ascaris* ist doppelt brechend und besitzt zwei Schwingungsrichtungen, welche sich rechtwinkelig durchkreuzen und mit der Längs- und der Querachse des Thieres parallel sind. Sie verhält sich gegen polarisirtes Licht wesentlich ebenso wie ein Gypsblättchen von gewisser Dicke.

Bringt man ein ausgebreitetes Hautstück unter das Polarisationsmikroskop oder einen anderen ähnlichen Apparat, und gibt ihm eine solche Stellung, dass die Polarisationsebene der zur Beleuchtung verwendeten Lichtstrahlen mit den Querringeln der Epidermis zusammenfällt oder auf denselben senkrecht steht, so lässt es das polarisirte Licht unverändert durch. Bei jeder anderen Stellung des Hautstückes erfährt das polarisirte Licht eine Ablenkung und Zerlegung, welche dann am stärksten ist, wenn die Querringel der Epidermis mit der Polarisationsebene der Lichtstrahlen einen Winkel von 45° machen.

Sind die NICOL'schen Prismen des Polarisationsmikroskopes z. B. gekreuzt, so erscheint dann das Hautstück im dunklen Gesichtsfelde lavendelgrau erhellt; werden die Prismen parallel gestellt, so schlägt das Lavendelgrau in das complementäre Nussbraun um.

Diese Färbungen werden noch greller und auffallender, wenn man 2 oder 3 Hautstückchen gleichsinnig über einander legt.

Man hat somit dieselben Erscheinungen, welche BRÜCKE an sehr dünnen Gypsblättchen beschrieben hat (vgl. BRÜCKE: Ueber das Wesen der braunen Farbe, Pogg. Ann. Band LXXIV, 1848. S. 461) und muss sie auch auf die gleiche Weise erklären.

Merkwürdig ist der Umstand, dass die Haut von *Ascaris* nicht in ihrer ganzen Ausdehnung doppeltbrechende Eigenschaften besitzt. Die den beiden Seitenlinien entsprechenden Hautpartieen zeigen keine Spur davon, und lassen das polarisirte Licht in jeder Richtung unverändert durch. Sie erscheinen im dunklen Gesichtsfelde bei jedweder Stellung des Hautstückes dunkel, im hellen Gesichtsfelde hell, so dass, wenn die Hautstücke im übrigen gefärbt erscheinen, diese Stellen als

dunkle oder helle Streifen von geringer Breite und verwaschenen Contouren markirt sind. Die mikroskopische Untersuchung der Seitenlinien ergiebt, ausser den oben angeführten Verhältnissen der Epidermis, der homogenen Schichte und einer unbedeutenden Lockerung der Spiralfasern, keine wesentliche Abweichung im Baue ihrer Hautstellen, welche die beobachtete Erscheinung genügend erklären möchte. Man dürfte demnach zu der Annahme einer Ungleichmässigkeit in der moleculären Zusammensetzung der histologischen Bestandtheile der Haut gedrängt werden, welche eben nur durch ein so empfindliches Reagens, wie das polarisirte Licht, aufgedeckt werden kann, der gewöhnlichen Untersuchung aber entgeht.

Legt man zwei Hautstücke in der Art über einander, dass sich die Querringel rechtwinkelig durchkreuzen, so bleibt die Stelle, wo sie sich bedecken, bei gekreuzten Prismen in jeder Stellung dunkel, bei parallelen Prismen hell, während sich die frei hervorstehenden Ecken nach dem mitgetheilten Gesetze färben. Die Erklärung hiervon ist dieselbe, wie bei gekreuzten Gypsblättchen.

Schliessen die Hautstücke Theile der Seitenlinien mit ein, so werden die letzteren bei einer Neigung von 45° gegen die Polarisations- oder Schwingungsebene der beleuchtenden Strahlen in der Ausdehnung, als sie von dem zweiten Hautstück bedeckt werden oder es decken, gefärbt erscheinen müssen, weil sie eben keine doppeltbrechenden Eigenschaften besitzen und die Wirkung der darunter oder darüber liegenden Hautstellen nicht verändern können.

Auch an Durchschnitten der Haut habe ich dieselben optischen Phänomene beobachtet. Die eine der Richtungen, nach welchen die Schwingungen des durchfallenden Lichtes abgelenkt werden, liegt in der Flächenausbreitung, die andere steht senkrecht auf derselben in der Durchschnittsebene.

Dabei bemerkte ich an den untersuchten Schnitten noch folgende Verschiedenheit im Verhalten der einzelnen Schichten:

In Längsdurchschnitten zeigten die Epidermis und die Spiralfaserlagen nur Spuren der doppelten Brechung, während die homogene Schichte der Färbungen sehr deutlich erkennen liess. In Querdurchschnitten war die Wirkung der homogenen Schichte weniger stark, dagegen traten die doppeltbrechenden Eigenschaften der Epidermis etwas mehr, die der Spiralfaserlagen aber in auffallendem Grade hervor.

Die vorliegende Mittheilung ist ein Beitrag zu den durch Böck in Christiania begonnenen, von Erlach, Thomas u. A. fortgesetzten

Untersuchungen, durch welche in der Zukunft noch mancher wichtige Aufschluss über die feinsten Organisations-Verhältnisse und Veränderungen in der moleculären Zusammensetzung der organischen Gebilde zu erwarten steht. Wir haben im Polarisationsmikroskop ein Instrument, welches der Erkenntniss wesentlich neue Bahnen eröffnen kann, wenn einmal dessen Benützung allgemeiner und dessen Anwendung behufs des Studiums physiologischer und pathologischer Vorgänge möglich geworden sein wird.

XI.

Reisebilder aus Holland in Briefen an Hrn. Prof. Purkyně.

[Prager Vierteljahrschrift 1851. Bd. XXXII. Misc. S. 1.]

Utrecht, den 8. September 1850.

Ich habe den Plan, direct von Brüssel über Ostende nach London zu gehen, aufgegeben und es vorgezogen, einen Umweg durch Holland zu machen; erstaunen Sie daher nicht, von Utrecht aus einen Brief von mir zu erhalten. Ich habe einen guten Theil von Holland und seinen naturhistorischen Reichthümern gesehen und es ist mir — im Begriffe, beide zu verlassen — ein wahres Bedürfniss, Ihnen meine Comptes rendus zu überschicken. Wenn es mir auch kaum gelingen wird, jetzt schon die Fülle der verschiedenen neuen Eindrücke zu einem einheitlichen, abgerundeten Bilde zu sammeln, so darf ich doch hoffen, manche nicht uninteressante Einzelnheiten herauszugreifen und als Material, in bunter Folge, aufzuspeichern.

In Utrecht zogen uns besonders Schroeder van der Kolk, Harting und Donders an. Der Erste ist trotz seines sehr vorgerückten Alters und seiner vielen Geschäfte ein noch sehr eifriger und thätiger Forscher, wovon seine schöne, mit Geist geordnete, namentlich pathologisch-anatomische Sammlung den besten Beweis giebt. Unter seinen vielen mikroskopischen Präparaten, welche zum grossen Theile sehr gut und seit Jahren conservirt sind, interessirten mich nebst den schönen Injectionen die Durchschnitte durch die graue Substanz des Rückenmarks ganz besonders, obschon sie zu den weniger gut erhaltenen gehörten und nicht mehr ganz überzeugend waren. — Das Interesse war ein historisches; denn es sind dieselben Präparate, nach denen Schroeder sich seine Ansicht über den netzförmigen Zusammenhang der multipolaren Ganglienkugeln unter einander und mit den Nervenfasern bildete. Schroeder kam mir während seiner Demon-

stration wie Kassandra vor, deren prophetische Ahnungen auch erst die Zeit bewahrheitete. SCHROEDER's Ansichten haben eine elegante Einfachheit und bestechende Uebersichtlichkeit. Ihre Bestätigung wäre sehr erfreulich. Nehmen Sie die Beobachtung von WAGNER und LEUCKART über den Uebergang der blassen Fortsätze der multipolaren Ganglienzellen in dunkelrandige, wahre Nervenfasern, so ist der erste Schritt dazu gethan. — Die Methode zur Aufbewahrung mikroskopischer Präparate in feuchtem Zustande ist SCHROEDER und HARTING gemeinschaftlich. Die conservirende Flüssigkeit ist arsenige Säure von verschiedenem Concentrationsgrade. Ein besonderer Klebestoff, dessen Recept sich in HARTING's grossem Werke: »Het Mikroskop« findet, befestigt das Deckgläschen an das Objectglas und hindert das Verdunsten der Flüssigkeit und das Eindringen der Luft vollständig. HARTING besitzt solche Präparate, welche sich seit 6 Jahren und darüber in brauchbarem Zustande erhalten haben. Die Methode, die Sie in Breslau angewendet haben, unterscheidet sich von der Utrechter nur durch die Anwendung von Kopallack statt jenes Klebestoffes. — Die Kunst zu injiciren wird von SCHROEDER und HARTING in einem hohen Grade von Vollkommenheit getrieben. Sie bewahren ihre Injectionen theils in trockenem, theils in feuchtem Zustande auf, und wenden entweder opake oder durchsichtige Massen an. Die mit durchsichtigen Massen injicirten Präparate kann man auch bei durchfallendem Lichte besehen; sie haben eine besondere Klarheit. Die Methode mit durchsichtigen Farben zu injiciren, ist, so viel ich weiss, zuerst in Utrecht erfunden worden; GERLACH hat sie später mit Erfolg geübt. — HARTING besitzt eine Sammlung von 6000 mikroskopischen Präparaten, welche Objecte aus allen drei Reichen der Natur enthalten und für die Vielseitigkeit seiner Forschungen zeugen. Ein vortrefflich geführter Katalog setzt auch den Fremden in den Stand, sich in dem enormen Material zurecht zu finden. Mit dieser systematischen Table des matières kann jedes Verlangen im Augenblick befriedigt werden. Welche Vortheile aus einer derartigen Sammlung für den Unterricht entspringen, ist durch sich selbst klar. Ein physiologisches Institut kann dieselbe kaum entbehren. Freilich erhalten das geringe conservative Bestreben der sogenannten todten Natur und die destructiven Tendenzen des Chemismus den Custos fortwährend in Athem, allein dies kann keine Widerlegung des Gesagten sein. Eines dieser vielen Präparate muss ich doch speciell erwähnen, weil es ein wichtiges Factum für die mikroskopische Anatomie des Nervensystems, welche in der neuesten Zeit so mächtige Fortschritte gemacht hat, constatirt. Man sieht an demselben den Inhalt der bipolaren Ganglienkugeln —

wenn ich nicht irre von *Esox lucius* — in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Axencylinder der entspringenden Nervenfasern. WAGNER hat vor einiger Zeit die »ketzerische« Ansicht ausgesprochen, dass der Axencylinder das Wesentliche am Nerven sei, dass derselbe von der Markscheide zwar als einer blos umhüllenden, isolirenden Schichte überzogen werde, aber unmittelbar nach seinem Ursprunge aus der Ganglienkugel und eine Strecke vor seiner Endigung nackt gefunden werde. Der eine Theil dieser Anschauung wird durch HARTING's Präparate für den besondern Fall bestätigt. Sie erinnern sich vielleicht noch, dass mir schon in Breslau, bei meinen Untersuchungen über den *Nervus acusticus* des Störs, dieselben Ideen über den Axencylinder gekommen sind, dass ich sie aber als unbewiesene Meinung noch nicht auszusprechen wagte. Dass durch das HARTING'sche Präparat die Existenz des Axencylinders, welchen die Mikroskopiker durch Sie kennen gelernt haben, auch im lebendigen Nerv mehr als wahrscheinlich wird, kann kaum bezweifelt werden. Seine Darstellbarkeit ist schon seit Ihren Veröffentlichungen anerkannt worden.

Die Mikroskopie wird in Utrecht mit der Gründlichkeit und dem Ernste einer exacten Wissenschaft getrieben, und nicht, wie das wohl anderwärts zuweilen passirt, als Liebhaberei und Gemüths- und Augenergötzung. Eine gründliche mathematische und physikalische Bildung, welche sich in Holland wie eine Tradition forterbt, und ein exacter Geist sind in der ganzen Methode der dortigen Forscher nicht zu verkennen. Man kann hier lernen, wenn man es nicht schon weiss, dass man zum Mikroskopiren mehr als ein Paar gesunder Augen mitbringen muss. Die Mikrometrie, wohl von Niemand so weit ausgebildet als von HARTING, hat durch eben diesen Forscher eine ganz neue Bedeutung und an Breite der Anwendung gewonnen. Seine Recherches micrométriques sind aber im Allgemeinen viel zu wenig berücksichtiget und ihrem principiellen Werthe nach ungenügend gewürdiget worden. »Eine spätere Zeit wird die Gleichgiltigkeit der Zeitgenossen, deren Viele theils vor einem Wurzelzeichen einer algebraischen Formel erschrecken, theils aus Bequemlichkeit oder Beschränktheit ihrer Bestrebungen, theils aus anderen Gründen die mathematische Behandlung ignoriren, sühnen«. Der Weg, welchen HARTING angebahnt hat, muss in der Zukunft betreten und fortgebaut werden.

Hierbei fällt mir ein, dass eine grosse Anzahl unserer Studenten seit den letzten zwei Jahren zu den medicinischen Studien zugelassen wurde, welche es nicht der Mühe werth gefunden haben, sich hinreichende mathematisch-physikalische Vorkenntnisse zu erwerben. Es

ist dies sehr zu bedauern; denn die Studien, welche diese jungen Leute versäumt haben, sind es gerade, welche wesentlich dazu beitragen, den wissenschaftlichen Geist zu wecken und zu erziehen. Doch lässt sich aus diesem Uebelstande, welcher am Ende noch jetzt beseitigt werden kann, nicht etwa die Unzulässigkeit der Lehrfreiheit demonstriren, noch dieser Uebelstand der Lehrfreiheit selbst in die Schuhe schieben, sondern einfach der Schluss ziehen, dass dem natürlichen Mangel an Urtheil und der alles überstürzenden Begierde, in die Mysterien der Heilkunst eingeweiht zu werden, durch zweckmässige hodegetische Vorträge abzuhelfen und zuvorzukommen sei.

Die Räumlichkeiten, über welche Harting zu verfügen hat, sind zwar nichts weniger als brillant, allein immerhin genügend und gut benützt. Einige Einrichtungen und Vorrichtungen, die ich daselbst gesehen habe, scheinen mir der Nachahmung werth, und ich schreibe Ihnen über dieselben, damit Sie vielleicht Aehnliches in Ihrem neu zu gründenden Institute für Physiologie ins Werk setzen möchten. — Die Art des Lichtes ist für eine Localität, in welcher mikroskopirt werden soll, jedenfalls eine Hauptsache, und es muss darauf besondere Rücksicht genommen werden. Wenn man kein horizontales Licht bekommen kann, welches doch eigentlich das am besten brauchbare ist, weil nur dann unsere Spiegel an den Mikroskopen die grösstmögliche Quantität Licht reflectiren können, — ich meine, wenn das durch die Lage und Umgebung in der Localität gegebene Licht nicht horizontal einfällt — so muss man dafür sorgen, dass es diese Einfallsrichtung erhält, wenn auch nur zum Theil. Zu diesem Ende bringt man eine grosse, mattgeschliffene Glastafel am Fenster an, welche nach Bedarf vorgeschoben und entfernt werden kann. Es wird dadurch im Wesentlichen dasselbe erreicht, was eine dem Fenster gegenüber stehende erleuchtete Mauer bewirkt. Den Hauptvortheil gewährt die mattgeschliffene Glastafel, wenn die Sonne direct in das Fenster hereinscheint, an dem mikroskopirt wird. — Eine weitere treffliche Vorrichtung ist ein Tisch, in dessen Tafel eine Glasplatte eingesetzt ist, welche von unten her durch einen zwischen den Tischbeinen angebrachten, entsprechend grossen Planspiegel erleuchtet werden kann. Dieser Tisch wird zum Präpariren von Gegenständen gebraucht, welche eine durchfallende Beleuchtung erfordern. Die Arme liegen fest und bequem auf, und die Hände arbeiten sicher; zugleich lässt sich eine Loupe, wenn sie nöthig ist, sehr leicht mit ihrem Stativ placiren. Noch will ich einen Apparat zum Zeichnen mikroskopischer Gegenstände erwähnen, welcher mir nützlicher scheint, als alle die Camerae lucidae und Soemmering'schen Spiegelchen, indem das Bild auf eine Weise aufgefangen wird, dass es

mehrere Personen zu gleicher Zeit sehen können. Er ist eine Camera obscura, in welcher die einfache Linse durch ein zusammengesetztes Mikroskop ersetzt ist, und besteht aus einem abgestutzten Kegel aus Pappe, dessen nach oben gerichtete Basis durch eine matt geschliffene Glastafel geschlossen ist. Seine abgestutzte Spitze aber wird durch ein Gestell über dem Ocular des Mikroskopes fixirt. Ist Alles gehörig eingestellt, so erscheint das mikroskopische Bild auf dem matten Glase projicirt, und kann nun nicht nur skizzirt, sondern auch einem Collegium von mehreren Personen demonstrirt werden. Zur Vermehrung der Intensität und Deutlichkeit des Bildes wird alles störende Licht durch eine dunkle weite Kapuze, die man über den Kopf schlägt, abgehalten.

Das anatomische Museum, welches wir mit Harting besuchten, enthält nebst dem regulären anatomischen Rüstzeug an Präparaten noch eine grosse Menge plastischer, schematischer Darstellungen aus der Entwickelungsgeschichte für den didactischen Bedarf. Wachspräparate und vergleichend anatomische Darstellungen fehlen auch nicht. Von dieser Menge von Gegenständen habe ich mir namentlich ein Skelet und das dazu gehörende, in Wachs nachgebildete Gehirn notirt und halte die Sache für wichtig genug, sie Ihnen mitzutheilen. — Das Skelet gehörte einem erwachsenen Menschen an, und bietet das Bemerkenswerthe dar, dass die rechte obere Extremität viel kürzer und zarter, mit einem Worte in allen Dimensionen viel kleiner als die linke Extremität, obschon ganz wohlgebildet ist. Das Gehirn zeigt eine unsymmetrische Entwickelung der Hemisphären des grossen sowohl, als des kleinen Gehirns, und zwar findet sich die linke Hemisphäre des grossen Gehirns und die rechte des kleinen bedeutend verkleinert, während die anderen Hirnhälften die normale Entwickelung haben. Vergleichen wir damit den Befund am Skelete (der jedenfalls eine entsprechende Anomalie im Muskel-, Gefäss- und Nervensysteme der betreffenden oberen Extremität voraussetzen lässt), so werden wir eine überraschende Beziehung zwischen der Entwickelung gewisser Theile der Centralorgane des Nervensystems und der Entwickelung anderer Körpertheile anerkennen müssen. Es scheint mir wenigstens natürlicher, darin das Walten eines Gesetzes zu ahnen, als ein blosses Spiel des Zufalls zu sehen. [1])

[1] Späterer Zusatz. — E. H. Weber hat in den Berichten d. k. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig III. 1849 einen sehr interessanten Artikel über die Abhängigkeit der Entstehung der animal. Muskel von den animal. Nerven veröffentlicht, dessen ich hier nachträglich Erwähnung thun will, indem er die oben ausgesprochene Ansicht in gewisser Beziehung bestätigt und erläutert.

Das Observatoire météorologique et magnétique haben wir ebenfalls besucht. Es ist ein kleines, mit einem Garten umgebenes Gebäude und liegt ausserhalb der Stadt am Boulevard. Seine Einrichtung ist recht zweckmässig. Die einzelnen Instrumente müssen auch jeden Laien durch ihre Einrichtung interessiren, so namentlich die selbst registrirenden Windfahnen, Windmesser, Thermometer, Barometer u. s. w., welche die graphische Darstellung ihrer Zustände selbst zeichnen und einmal eingestellt, sich selbst überlassen werden und keiner anstrengenden Ueberwachung bedürfen. Der thätige Director dieser Anstalt Herr Kercke hat wesentliche Verbesserungen an diesen Vorrichtungen angebracht. Unser berühmter Landsmann Kreil steht hier, wie überall, wo meteorologische und magnetische Studien getrieben werden, in hohem Ansehen, und man begegnet hier, wie überall, seinen sinnreich construirten Apparaten.

Das grosse auf 40 Mann eingerichtete Laboratorium von Mulder ist eine Musteranstalt, und gibt abermals den Beweis, dass für Chemie, welche wie die Physik mehr als irgend eine andere Naturwissenschaft im Rufe einer nützlichen und praktisch wichtigen Beschäftigung steht, auch mehr als für die bis jetzt noch verkannte Biologie, man mag anfragen und zusehen, wo man will, gethan wird. — Sehr befriedigt verliessen wir Utrecht, doch nicht ohne das Versprechen abgelegt zu haben, wieder zurückzukehren, nachdem wir Amsterdam, Haarlem und Leyden besucht hätten. Wir haben Wort gehalten, wie Sie aus dem Datum des Briefes ersehen.

Amsterdam, das eben so gut wie Rotterdam den Namen des nordischen Venedig verdient, ist eine ganz eigenthümliche Stadt, und verfehlt nicht, einen bleibenden Eindruck zu hinterlassen. Ueberall Canäle, Brücken, Schleussen und Dämme, Waarenkaaren und Treckschuiten, lärmendes, bunt durcheinander laufendes Volk, das in allen Sprachen spricht, und alle Trachten trägt! Ueberall Leben, Handel und Wandel! Man merkt es dem Treiben nicht an, dass ein Damoklesschwert Vernichtung drohend über dieser grossen Stadt hängt, dass im Nu Alles unter den Wogen des Y, der Zuyder-See und des Haarlemer-Meeres begraben sein kann. Man merkt es nicht, — denn die meisten dieser Leute wachsen mit dem Bewusstsein dieser Gefahr auf, und sind an diesen Gedanken so gewöhnt, dass er sie nicht stört. Dies Gefühl der Sicherheit theilt sich dem Fremden mit, obschon ihn wohl öfter, als er's gesteht, ein leises Grauen beschleichen mag, wenn er den Amsterdamer mit grosser Seelenruhe und Behaglichkeit über die unendliche Wichtigkeit seiner Deiche und Schleussen und die Folgen eines Durchbruches derselben erzählen hört. Der Grund, auf dem Amsterdam

steht, ist einer der schlechtesten, den man sich denken kann, und muss für jeden Bau erst durch das Einrammen von Piloten verbessert und gekräftigt werden. Die Amsterdamer machen das Sprichwort unwahr: »wer auf Gott vertraut, hat nicht auf Sand gebaut;« denn obschon sie wie alle jene, welche mit Elementarereignissen kämpfen müssen, aus Verzweiflung, oder um nicht zu verzweifeln, in das rücksichtslose Walten der ungeheuerlichen Naturkräfte die Weisheit Gottes, der Alles zum Besten lenkt, legen, und fromm auf Gott vertrauen, so bauen sie ihre Häuser wenigstens doch auf Sand. Trotz aller Vorkehrungen kommen Senkungen des Terrains überall vor. Die Häuser stellen sich mit der Zeit schief, und völlig senkrecht stehende Mauern sind selten. Dies gibt den Strassen im Ganzen ein höchst lustiges und komisches Ansehen; denn die Häuser, die noch dazu überaus hoch sind, lehnen sich und neigen sich ganz ängstlich gegen einander und in die Strasse vor, — als ob keines mehr gerade stehen könnte. Es sieht aus, wie eine reguläre Stadt in einem verzogenen Spiegelglase betrachtet. Dies Alles macht aber der Nettigkeit und dem Comfort im Inneren der Häuser durchaus keinen Eintrag. Von Sammlungen sahen wir nur die des Hrn. Prof. Vrolik, welche sehr werthvolle pathologisch-anatomische und vergleichend-anatomische Gegenstände enthält. Unter vielen anderen befinden sich da auch ein Kind mit angeborener Ichthyosis; (doch ist dies kein so ausgezeichneter Fall, wie der in Würzburg, welchen Heinrich Müller in den Verhandlungen der dortigen medicinisch physikalischen Gesellschaft beschrieben hat), und zwei Fälle von Ossification der *Symphysis ossium pubis* beim Weibe; dann ein Narwallschädel mit zwei Stosszähnen und viele sehr kostbare Skelete. Die Präparate, welche Schroeder van der Kolk und Vrolik über die tiefen Venen der oberen Extremität der Vögel gemacht haben, sind hier aufgestellt. Man sieht, dass die Abbildungen, die diese Forscher davon gegeben haben, sehr naturgetreu sind, und dass die Venen die *Arter. brachialis* in der That mit einem ganz engmaschigen Netze umspinnen. Die doppelten *Venae brachiales* beim Menschen sind noch eine schwache Reminiscenz an jenen Plexus der Vögel. Auf eine nachahmungswürdige Weise benützt Vrolik die Missgeburten, welche man so häufig unbenützt als blos abschreckende Beispiele in den Museen stehen sieht. Zuerst wird nämlich die Haut abgebalgt und sorgfältig über eine genau gearbeitete Puppe gezogen, so dass die Gestalt und was man sonst noch äusserlich wahrnehmen konnte, in gar nichts alterirt ist; der enthüllte Kern kann dann in ausgedehntester Weise untersucht, und zur Anfertigung von Präparaten und des Skeletes verwendet werden. Man erhält so aus Einem Vieles. — Vrolik hat die

seltene Gelegenheit, welche ein Platz wie Amsterdam bietet, werthvolle ausländische Thiere zu untersuchen, nicht unbenützt vorüber gehen lassen, seine Mappen strotzen von vergleichend-anatomischem Material, namentlich was Myologie anbelangt. — Der zoologische Garten Amsterdam's, den wir in Begleitung VROLIK's besuchten, obwohl nicht so bedeutend als andere Anstalten dieser Art, äussert immerhin seine wohlthätigen Wirkungen auf die naturhistorische Bildung des Publikums, und enthält manches seltene schöne Exemplar von exotischen Thieren, deren Viele die holländischen Kolonieen bewohnen. Ein Thier ist namentlich von ganz besonderem Interesse und als Unicum zu betrachten, indem es lebendig sonst nirgends in Europa gehalten wird. Es ist ein Reptil von bedeutender Grösse — die *Salamandra maxima* — welche ähnlich wie das Lepidosiren, der Dodo eine zoologische Nuss ist, die verschiedene Fachmänner zu knacken versuchten. Dies Exemplar lebt schon seit 14 Jahren in der Menagerie, befindet sich ganz wohl, und macht noch keine Miene das Zeitliche zu segnen, so dass die gelehrte Welt wohl noch einige Zeit auf die interessante Monographie über dasselbe wird warten müssen. Hr. Prof. JAN VAN DER HOEVEN in Leyden hat uns einige wichtige zoologische Aufschlüsse über dieses räthselhafte Thier gegeben, auf die ich später zurück komme. Eine beiläufige Vorstellung von dem Aeusseren desselben kann man dadurch gewinnen, dass man in Gedanken einen unserer Tritonen bis zu einigen Fuss Länge vergrössert, dabei den Kopf recht breit und das Maul recht weit ausfallen lässt. Die Haut, dunkelbraun von Farbe, ist übersät mit unzähligen, dicht stehenden Warzen, welche wahrscheinlich Drüsenplaques enthalten; die Augen, welche verhältnissmässig sehr klein sind, muss man ordentlich unter Erhabenheiten der Haut des Kopfes suchen. Ob seine Spermatozoiden wohl Flimmersäume haben mögen?

Die Amsterdamer Anatomie befindet sich in einem wunderlichen uralten Gebäude, welches frei auf einem Platze in der unmittelbaren Nachbarschaft des Ghetto steht. Es erinnert sehr an die Pfalz im Rhein. Das Interesse, welches wir an ihr nahmen, war ein historisches, — und das nimmt sie auch in hohem Maasse in Anspruch. Die innere Einrichtung ist ganz alterthümlich und dem barokken Aeusseren entsprechend. Es macht den Eindruck, als ob noch Alles so liege und stehe, wie zu den Zeiten von RUYSCH. Das braune, ehrwürdig finstere Holzgetäfel an den Wänden und an dem Plafond, die schweren geschnitzten Thüren, die Kästen mit dem geschnörkelten Rococozierrath, der specifische modrige Geruch der Antiquitäten, wie z. B. alte Bücher ihn an sich haben, und welcher einem hier wie ein Aschermittwochs-

gedanke aus allen Ecken entgegenweht, die trefflichen Portraits verblichener Celebritäten, die in ihrem altväterischen Costüm, in gravitätischer Haltung zum Theil zu lebensvollen Gruppen vereiniget sind, — Alles das bringt eine Gesammtwirkung hervor, dass wenig Phantasie dazu gehört, sich um einige Menschenalter zurück versetzt zu wähnen und dem Gedanken Raum zu geben, es könnte eine Allongeperücke in der Thüre erscheinen und fragen, was man da wolle! — Im Vorlesesaale zieren die bunten Wappen verschiedener ehemaliger Professoren den Plafond; im Centrum prangt das von RUYSCH.

Die älteste holländische Universitätsstadt, welche deshalb auch ein historisches Recht auf ihre Existenz und ihren Fortbestand zu haben glaubt, und auf dieses Recht in der schwebenden Mediatisirungsfrage der holländischen Universitäten, deren in diesem kleinen Lande offenbar zu viele existiren, gewaltig pocht — Leyden nämlich, ist mit Sammlungen am reichsten und besten bedacht. Weder Utrecht, noch Amsterdam, noch Gröningen, noch sonst eine Stadt kann sich mit Leyden in dieser Hinsicht messen. Das naturhistorische Museum, das japanische Museum, die Sammlung indischer, ägyptischer und römischer Alterthümer u. s. w. sind höchst bedeutend.

Das Museum der Alterthümer enthält unter Anderem eine ganze Suite von Mumien und von indischen Gottheiten in Duplicaten von verschiedener Grösse und verschiedenem Material. Darunter schöne, gut erhaltene, und aus Stein gehauene Exemplare der Götter Brahma, Wischnu und Schiva von bedeutenden Dimensionen. In der Betrachtung dieser sonderbaren mystischen Gestalten versunken, drängte sich mir der Gedanke auf, dass es doch eine sehr interessante Sache wäre, eine vollständige Reihe der plastisch dargestellten Gottesgedanken aller Völker und aller Zeiten zu sammeln und aufzustellen, um sie mit einem grossen Blicke zu übersehen. Wie viele fortgeerbte traditionelle Ideen, welch tiefe Symbolik! Man würde ein wesentliches Stück der Entwickelungsgeschichte der Menschheit vor sich haben.

Das japanische Museum ist wohl in seiner Art das ansehnlichste, das existirt, und man müsste in der That einen Ort — Japan selbst ausgenommen — lange suchen, wo so Vielerlei von japanischen Gegenständen aufgespeichert wäre. Das Staunen wächst, wenn man erfährt, dass es die Frucht jahrelanger Bemühungen und aufopfernder Thätigkeit eines Einzigen ist. Der Mann, dessen Sammelgenie diese grossartige Sammlung geschaffen hat, ist Hr. v. SIEBOLD, dessen Familie in den Annalen der Wissenschaft seit beinahe einem Jahrhundert glänzt, und den »Chirurgus inter Germanos princeps« zum wissenschaftlichen Stammvater hat. SIEBOLD hat durch seine Be-

strebungen sein Leben mehr als einmal aufs Spiel gesetzt. Man erzählte uns, dass ihn die japanische Polizei über dem Entwurf einer Karte von Japan ertappt habe, was in Japan so verpönt zu sein scheint, wie das Copiren von Festungswerken bei uns in Europa. Er hat sich zwar der Todesstrafe, die man ihm zugedacht hatte, durch eine geschickte Ausrede zu entziehen gewusst, seinen Dienern aber wurde einfach der Bauch aufgeschlitzt zur Strafe für das Verbrechen, einem Ausländer bei einem so hochverrätherischen Beginnen behilflich gewesen zu sein.

Interessant sind die chirurgisch-anatomischen Darstellungen des menschlichen Körpers, welche die Jünger Aesculaps in Japan behufs des Aderlassens verfertigt haben. Die Topographie der hauptsächlichsten Venen, wie z. B. der *Cephalica*, ist gar nicht unrichtig. Die Anatomie der inneren Theile ist etwas confus.

Das naturhistorische oder sogenannte Reichs-Museum ist auch ein reiches Museum, und begreift eine Skeletsammlung in sich, die die grösste in der Welt ist und etwa 5000 Nummern enthält. Selbst die seltensten Thiere sind hier beinahe alle in Duplicaten vorhanden. Von der *Salamandra maxima* hat man ein Skelet, einen einzelnen Kopf und ein kleines Weingeistexemplar. Van der Hoeven, welcher uns herumführte, demonstrirte uns, dass die *Salamandra maxima* eigentlich kein Salamander, sondern eine Art *Menopoma* sei; denn (wie wir uns auch überzeugten) ihr Skelet stimmt mit dem von *Menopoma* vollkommen überein, differirt aber bezüglich der Kopfknochen bedeutend von den Salamandern. Deshalb hat Van der Hoeven das Thier umgetauft, und nennt es *Cryptobranchus japonicus* — wie es scheint, mit vollem Rechte. — Wir trafen in dieser Anstalt zufällig mit Prof. Hyrtl zusammen, welcher eben von der Naturforscherversammlung in Edinburgh zurückkehrte, und auf der Rückreise nach Wien begriffen war.

Die berühmte alte Anatomie in Leyden, an welcher Albin lehrte, nimmt eine Kirche ein, welche somit aus einem Tempel Gottes in einen Tempel der Natur verwandelt wurde. Die Sammlung ist weniger bedeutend, als durch einige Curiosa interessant. Man bewahrt hier einige sonderbare Präparate von Albin und Ruysch. Die baroken Einfälle des Letzteren bei der Aufstellung anatomischer Gegenstände sind aus seinem *Thesaurus anatomicus* (wo er zuerst Felsen aus Blasen-, Nieren- und Gallensteinen aufbaut, und mit einem Wald von Arterienbäumen bepflanzt, und unter dem Schatten derselben dann Embryonen, von denen einige ihre Thränen mit Taschentüchern aus injicirtem Mesenterium und anderem Stoffe, trocknen, in malerischen,

tief symbolischen Stellungen höchst sinnreich gruppirt) hinlänglich bekannt. Eines seiner Präparate betrifft den Arm eines Kindes, der sammt einer netten, zierlichen Spitzenmanchette in Spiritus gesetzt ist. Im Präparirsaale hängt das Kniestück eines Mannes, dem man in Königsberg durch die Gastrotomie ein ansehnlich langes Messer, das er in effigie dem Beschauer vorzeigt, ausgeschnitten hat, ohne durch diese Operation seinem Leben ein Ziel zu setzen. Diese merkwürdige Historie passirte im vorigen Jahrhundert und ist gerichtlich beglaubigt. Prof. HALBERTSMA, welcher erst kürzlich als Lehrer der Anatomie angestellt wurde, zeigte uns eines der vielen hundert Mikroskope, welche LEEUWENHOEK verfertigt und besessen hat. Es ist aus Silber und von höchst einfacher Structur. Die einfache Linse ist in eine mit einem kleinen Griffe versehene Platte eingesetzt, und der Objectivträger besteht aus einem Stäbchen, das in verschiedener Richtung verschiebbar ist, sich auf- und niederschrauben, der Linse näher und ferner stellen, und nach rechts und links neigen lässt. Der Beleuchtungsspiegel fehlt ganz; man nimmt das Instrumentchen in die Hand, und hält es beim Durchsehen gegen den Himmel. Es wäre unbegreiflich, wie LEEUWENHOEK mit einer solchen Maschine seine trefflichen Beobachtungen habe machen können, wenn sich nicht nachweisen liesse, dass seine Linsen ganz vorzüglich waren, und klare reine Bilder gaben. Von dem an die Londoner Akademie geschenkten Instrumente vergrösserte nur eine Linse 160mal im Durchmesser, die übrigen alle weniger. Dem Gebrauche niedriger aber klarer Vergrösserung ist der Mangel an groben Täuschungen bei LEEUWENHOEK zuzuschreiben. Ueber die Richtigkeit dieses Principes der Beobachtung, lieber klare und niedrige, als hohe und undeutliche Vergrösserungen anzuwenden, kann kein Zweifel sein. Schon LEEUWENHOEK sagt (in einem seiner Briefe): »*se multorum annorum experientia didicisse, lentes, quae, magnopere augerent, et minus essent perspicuae, postponendas esse iis, quae minus quidem augerent, sed perspicuitate et clara luce illas superarent.*« — HALBERTSMA hat eine für die Geschichte der Mikroskopie wichtige Abhandlung »de Leeuwenhoekii meritis« als Inauguraldissertation geschrieben. Holland ist die Wiege der Mikroskopie, und man kann es gewissermassen von den Holländern verlangen, dass sie es als eine Pflicht ansehen, Material zu der Geschichte derselben zu liefern. — Einer sehr instructiven Suite von verwundeten und geheilten Stosszähnen von Elephanten hätte ich bald zu erwähnen vergessen. In der Keimhöhle solcher Zähne finden sich tropfsteinartige Auswüchse, welche im Katologe als Excostosen aufgeführt sind, und ganz und gar an das mikroskopische Verhalten der inneren Oberfläche der Keimhöhle, wie ich sie an jungen

Zähnen beschrieben und abgebildet habe, erinnern. Mir war es interessant, die Substanz zu untersuchen, und Prof. HALBERTSMA hatte die Gefälligkeit, mir einen mikroskopischen Durchschnitt zu fertigen. Die Untersuchung ergab, dass diese Auswüchse keine Exostosen waren, indem keine Knochensubstanz zu finden war, sondern eine mehr oder weniger durchsichtige formlose Masse mit deutlichen Zahnkanälchen an vielen Stellen.

Auch für die Geschichte der Chirurgie habe ich Einiges an der Leydener Anatomie gefunden. Im Zimmer des jeweiligen Professors sind die Portraits dreier in der Geschichte der Lithotomie bekannter Männer, nämlich das von FRIRE JAQUES, von ROW und von einem Amsterdamer Schmied VAN DOOT. Der erste ist als Erfinder des Seitensteinschnittes, der zweite als der glücklichste Steinschneider des 17. und aller Jahrhunderte bekannt, indem ihm von mehreren tausend Patienten keiner gestorben sein soll. TEXTOR nennt ihn den »schlauen Holländer«, weil er seine Operationsmethode geheim hielt und als lukratives Monopol betrachtete, die stürmischen, neugierigen Fragen seiner Schüler und Collegen aber stets mit den Worten abfertigte: »*Celsum legitote*«, nämlich jene dunkle Stelle des CELSUS über den Steinschnitt. — Der Amsterdamer Schmied, welcher ein gewöhnliches Messer in der einen, und einen ansehnlichen, in Silber gefassten Blasenstein in der andern hält, und ein sehr selbstgefälliges und selbstbewusstes Gesicht macht, kömmt durch folgende Geschichte in diese gelehrte Gesellschaft. Er hatte sich laut einer im Jahre 1651 ausgefertigten gerichtlichen Urkunde mit jenem Messer, das auf dem Bilde abgebildet und in natura vorhanden ist, unter Beihilfe seines Lehrjungen selbst operirt, und von seinem Steine, der in Silber gefasst aufbewahrt wird, geholfen. Die Sache scheint unglaublich. Jedenfalls müsste er die Sectio alta ausgeführt haben, da er am Damme doch kaum operirt haben konnte. — Hrn. SCHLEGEL, einen Deutschen, der als Custos am Reichs-Museum fungirt, haben wir auch besucht. Er hat vor einigen Jahren eine hübsche Arbeit über den Giftapparat der Schlangen in den Nova Acta Ac. Leop. veröffentlicht, worin er beweist, dass viele Schlangen, über deren Giftigkeit widersprechende Angaben gemacht worden waren, in der That giftig seien und einen gerinnten Giftzahn besitzen, aber weiter hinten im Munde, und nicht wie die anderen ganz vorn in Form beweglicher Hauer, woraus sich diese Unsicherheit in den Angaben erklären lässt.

XII.

Ueber den Stiel der Vorticellen.

[Zeitschr. f. wissensch. Zoologie etc. 1853, Bd. IV. S. 438.]

(Hierzu Fig. *a* u. *b* auf Tafel 10).

Die contractilen Stiele der Gattungen *Vorticella* und *Carchesium* sind häufig Gegenstand der Untersuchung gewesen; nichtsdestoweniger wurde bisher, wie die nachfolgenden Citate beweisen, weder die Anatomie dieser Gebilde, noch der Mechanismus ihrer eigenthümlichen Bewegungen vollständig erkannt und in übereinstimmender Weise erklärt.

Der als Naturforscher bekannte Exjesuit F. Schrank war der Erste, der die verschiedenen Bewegungsorgane der Infusorien in anatomischer und mechanischer Beziehung einer ernstern Aufmerksamkeit würdigte und in einer besondern Abhandlung unter dem Titel: »Ueber die Weise, wie sich die Aufgussthierchen bei ihren Bewegungen benehmen« in den Denkschriften der königl. bayer. Akad. der Wissensch. für 1809 und 1810 beschrieb. Ueber die contractilen Stiele der Vorticellen lässt sich Schrank a. a. O. S. 9 auf folgende, etwas confuse Weise vernehmen: »Mit Bestimmtheit ihre Mechanik anzugeben, ist vielleicht schlechterdings unmöglich. Die Erscheinung ist bei allen gestielten Glockenpolypen diese (denn auch die, welche einen steifen Stamm haben, äussern sie wenigstens in ihren sonderheitlichen Stielchen [?]), dass ihr Stiel schneller als im Augenblicke, in einem wahren Punkt von Zeit, zusammenschnellt und null wird, ohne dass das aufmerksamste Auge mehr als ein Verschwinden gewahr wird. Was geschehen sei, das lehrt erst die Folge, und so deutlich, dass es nicht die geringste Anstrengung braucht, den Mechanismus einzusehen. Langsam und in Schraubengängen zieht sich der Stiel wieder auseinander, wie eine schwache Hand eine Uhrfeder, die mit ihrem innersten

Ende an irgend einen unbeweglichen Körper befestigt ist, bei ihrem äussern Ende ergriffen, in die Höhe ziehen würde. Vielleicht ist dieses Gleichniss mehr als Gleichniss, ist Erklärung selbst. Mir scheint es wenigstens sehr wahrscheinlich, der natürliche Zustand dieser Stiele sei eine Spirale, deren sämmtliche Windungen in derselben Fläche liegen, wie bei einer eingerollten Uhrfeder; der ausgezogene Zustand sei gewaltsam und werde von der Willkür des Thierchens bewirkt.«

In EHRENBERG's grossem Werke und in den kleineren Abhandlungen über die Infusorien finden sich viele Bemerkungen über die Vorticellen. EHRENBERG beschreibt einen Spiralmuskel innerhalb des Stieles, welcher sich bei *Carchesium* in eben so viele Aeste theilen soll, als der verästelte Stiel selbst. Durch die Verkürzung dieses Muskels wird das Zusammenschnellen der Stiele bedingt.

C. ECKHARD theilt über die Vorticellen Folgendes mit (Die Organisationsverhältnisse der Polygastr. Infus. u. s. w. in WIEGMANN's Arch. 1846, Bd. I, S. 217): Die Vorticellen »sitzen an den Enden einfacher oder zertheilter Stiele, deren Structur bei denen, welche die Fähigkeit sich zurückzuschnellen, besitzen, diese ist. Eine Scheide (Muskelscheide) Fig. 3 *s* schliesst einen einfachen Muskel ein, der sich ein wenig über der Anheftungsstelle der Scheide an fremden Körpern verliert. Der unverkennbare Zusammenhang der Bewegungen des Körpers mit denen des Muskelstieles lässt schliessen, dass sich der Muskel in das Thier selbst hinein verzweige. Diese Verzweigung zu beobachten, ist mir aber bisher bloss bei *Vort. nebulifera* gelungen. Ich sah zwei ganz deutliche, obgleich sehr kleine (erst bei einer mehr als 400maligen Vergrösserung sichtbare) Fasern Fig. 3 *v v* sich in den Körper hinein erstrecken. EHRENBERG sah eine ähnliche Fortsetzung des Muskels in den Körper bei *Vort. convallaria*. Ist dieser Stiel nicht contrahirt, so ist auch das Thier in völliger Ausdehnung seines ganzen Körpers; sobald es aber diesen zusammenschnellt, namentlich die Mundwimpern einzieht, so verkürzen sich auch Scheide (?) und Muskel (indem der ganze Stiel sich spiralförmig zusammenwindet) und das Thierchen fährt an seinem Stiele zurück. Dehnt sich der Körper wieder aus und werden namentlich recht deutlich die Mundwimpern entfaltet, so geht auch der Stiel wieder aus seinem verkürzten Zustand in den verlängerten über. Es scheinen bei diesem Schnellen die Mundwimpern und überhaupt die vorderen Theile des Körpers von Bedeutung zu sein, da Contraction und Expansion des Stieles und Körpers sich gegenseitig bedingen. Welcher Einfluss auf die so eben beschriebenen Bewegungen der Muskelscheide, und welcher dem Muskel zugeschrieben werden muss, hat sich bis jetzt noch nicht mit Sicherheit ausmitteln

lassen. So viel ist aber gewiss, dass zum vollkommenen Schnellen dreierlei nothwendig ist: Unversehrtheit der Muskelscheide, Unversehrtheit des Muskels und Anheftung des ganzen Stiels, denn bei Vorticellen, deren Muskel in unversehrter Scheide zerrissen war, bemerkte ich zwar ein Zusammenschnellen des Körpers, nicht aber war dasselbe von Einfluss auf Ausdehnung und Zusammenschnellung des Stieles; ebenso misslang bei anderen, deren Scheide verloren gegangen, der Muskel aber noch mit dem Körper verbunden war, jeder Versuch des vollkommenen Schnellens. In beiden Fällen waren die Thiere nicht mehr angeheftet.«

DUJARDIN ist ganz anderer Meinung als die beiden eben citirten Forscher. In seiner Histoire naturelle des Zoophytes, Infusoires. Paris 1841, S. 49 heisst es: »*Les pédicules contractiles des Vorticelles peuvent aussi être comptés parmi les organes extérieurs des Infusoires. Leur structure et le mécanisme de leurs mouvements présentent un des problèmes les plus difficiles de cette étude. On voit, à la verité, dans leur cavité centrale, une substance charnue moins transparente, mais ce n'est point, comme on a paru le croire une vraie fibre musculaire: au contraire la partie diaphane enveloppant ce cordon charnu et formant une bande plus mince vers une de ses bords, se contracte seule; et comme elle le fait davantage au bord le plus épais il en résulte une courbe en hélice dont le bord externe est occupé par le tranchant du pédicule. Leur substance parait plus résistante, que celle des cils, car on en voit quelque fois, qui restent assez longtemps isolés dans le liquide.*« Weiter unten S. 547: »*Les particularités de leur (Vorticelles) forme et de leur double mode d'existence s'observent également chez les Epistylis, mais le pédicule contractile leur est exclusivement propre; c'est un cordon membraneux, plat, plus épais sur un de ses bords et contenant de ce côté un canal continu occupé au moins en partie par une substance charnue analogue à celle de l'intérieur du corps. Pendant la contraction ce bord épais se raccourcit beaucoup plus que le bord mince, et de là résulte précisément la forme de tire-bouchon; cependant je ne crois pas que ce soit une fibre charnue logée dans le pédicule, qui produise ce raccourcissement, comme le veut M. Ehrenberg.*«

Bezüglich der Structur des Vorticellenstieles stimmen EHRENBERG und DUJARDIN, wie man sieht, ziemlich überein; über die functionelle Bedeutung der beiden Formbestandtheile des Stieles gehen jedoch ihre Ansichten wesentlich auseinander. EHRENBERG hält seinen Spiralmuskel für contractil, DUJARDIN hingegen jene durchsichtige Substanz, welche den sogenannten Muskel einhüllt und von ECKHARD unpassend Muskelscheide genannt wird. Ohne vorläufig auf den streitigen Punkt einzugehen, bemerke ich gegen Beide, dass ihre widersprechenden

Auffassungen in gleichem Maasse einseitig und unvollständig sind. Die Vorticellen ziehen ihre Stiele nicht nur zusammen, sondern strecken sie auch wieder aus. Sucht man das contractile Element, so darf man das expandirende nicht vergessen, denn zum Ausstrecken des Stieles bedarf es ebenso gut einer Kraft, welche sich in irgend einem seiner Bestandtheile äussert, als zum Zusammenschnellen.

Der alte SCHRANK hat trotz aller Mangelhaftigkeit und zum Theil Unrichtigkeit der Beobachtung dennoch die Mechanik des Vorticellenstieles insofern richtiger als EHRENBERG und DUJARDIN erfasst, als er den motorischen Antagonismus berücksichtigt und nicht blos das Zusammenschnellen im Auge hat. Nach SCHRANK ist das Ausstrecken der Stiele ein activer, durch einen, unter dem Willenseinflusse des Thieres stehenden Apparat bedingter Vorgang, während das Zusammenschnellen gewissermaassen passiver Natur ist, indem es nur durch Unterbrechung der expandirenden Thätigkeit eingeleitet wird und in der Federkraft der gewaltsam auseinander gezogenen Spirale des Stieles seinen Grund hat. In entgegengesetzter Weise hat in neuerer Zeit F. GERBER die Sache aufgefasst. Er spricht sich darüber in seinem Handb. der allgem. Anatomie des Menschen und der Haussäugethiere. Bern 1840, S. 92 folgendermaassen aus: . . . »Das Thier (*Vorticella*) bewirkt in seiner Umgebung mittels seiner am Becherrande auf Wärzchen sitzenden Wimpern wirbelnde Bewegungen und erhascht dadurch herbeigeführte organische Molecülen oder kleinere Infusorien, dass es seinen Stiel schnell korkzieherartig zusammenzieht und die Glockenöffnung schliesst; diese Bewegung gründet sich, wie ich richtig beobachtet zu haben glaube, auf die Zusammensetzung des Stieles aus einem Schwellgefäss (?), welches das Thier durch Druck mit einer Flüssigkeit füllt und so ausstreckt (erigirt), und einem feinen spiral um das Gefäss gewundenen Muskelfaden, welcher das Zurückschnellen bewirkt. So wäre das einfachste erectile Organ mit dem einfachsten Muskel zur Bildung des vollständigen motorischen Antagonismus vereinigt.« Nach GERBER geschieht also sowohl das Einrollen als das Strecken der Stiele activ und durch directen Kraftaufwand des Thieres.

Meine eigenen Untersuchungen über den fraglichen Gegenstand, welche ich bereits vor mehreren Jahren anstellte und nach einer langen Unterbrechung kürzlich wieder vornahm, haben mich gelehrt, dass der Stiel der Vorticellen aus einem hyalinen (meist merklich bandartig abgeplatteten) Hauptfaden besteht, welcher einen excentrisch gelagerten, in steil aufsteigenden Schraubentouren um die Längsachse laufenden, feinen Kanal einschliesst. In diesem Kanal befindet sich ein

dünner, gelblich gefärbter Faden, welcher am obern Ende des Stieles in die Substanz des glockenförmigen Körpers der Vorticelle, wie es scheint dichotomisch gespalten, übergeht, am untern Ende aber, in verschiedener Höhe vom Anheftungspunkte des Stieles auf fremden Körpern, sich verliert.

An den oft sehr dicken, verästelten Stielen von *Carchesium* habe ich den helikoïdalen Kanal, nach innen von dem gelben Faden, noch mit einer blassen, fein granulirten Substanz ausgefüllt gefunden, welche gewissermaassen einen dritten Faden darstellt, so dass der ganze Stiel aus drei isotropen Helikoïden [1]) zusammengesetzt erscheint. Bei den Vorticellen konnte ich bisher diesen granulirten Faden nicht nachweisen; vielleicht haben aber nur die optischen Hülfsmittel dazu nicht ausgereicht.

In dem verästelten Stiele von *Carchesium* besitzt jeder Zweig seinen eigenen, mit jenem des Hauptstammes n i c h t zusammenhängenden helikoïdalen Kanal und Faden. Der Faden des Hauptstammes hängt nur mit e i n e m Individuum zusammen. Jedes Individuum schickt in den Zweig, auf dem es sitzt, seinen Faden hinein, dessen Länge jener des Zweiges entspricht. Ganz kurze Zweige, welche eben erst durch Theilung entstanden zu sein scheinen, sind mir ganz hyalin vorgekommen und ich konnte in ihnen keine Spur eines Fadens entdecken. Das ganze Bäumchen erscheint daher wie aus lauter einzelnen Vorticellen von verschieden langen Stielen zusammengesetzt.

Nach diesem Verhalten der von mir untersuchten Exemplare muss ich Ehrenberg's Abbildungen für unrichtig halten. Ehrenberg zeichnet nämlich den Faden des Hauptstammes von *Carchesium* gleichfalls verästelt, während ich niemals eine Verästelung desselben wahrnehmen konnte.

Die Bestimmung des Windungstypus der Stiele ist nicht ohne Schwierigkeit. Der hyaline Faden der Stiele ist so durchsichtig und die Helikoïde von so geringer Lichtung, dass der gelbliche Faden, selbst bei unveränderter Focaldistanz, auf seinem ganzen Verlaufe mit fast gleich deutlichen Umrissen erscheint und wie eine ebene, zwischen die Contouren des Stieles gezeichnete Wellenlinie aussieht.

Nur durch eine überaus genaue und aufmerksame Einstellung des Mikroskops, bei gedämpfter oder schräger Beleuchtung und starker Vergrösserung, erfährt man, ob die rechts oder die links aufsteigenden

[1] Vergl. über die Bedeutung dieser, so wie der weiter unten gebrauchten Ausdrücke J. B. Listing's interessante »Vorstudien zur Topologie«. Götting. 1848.

Theile der scheinbar zur Wellenlinie projicirten Helikoïde auf der dem Beobachter zugewendeten Seite des durchsichtigen Stieles liegen.

Ich habe mich überzeugt, dass hier, ähnlich wie bei den Schneckenschalen derselben Art, ein doppelter Windungstypus vorkommt. Es finden sich sowohl dexiotrope als laeotrope Stiele. Die Anzahl der Umgänge schwankt *caeteris paribus* nach der Länge der Stiele zwischen 0 und 12. Am häufigsten sind 4—8 Umgänge vorhanden.

Das Zusammenschnellen der Stiele erfolgt bekanntlich meist so rasch, dass man kaum Zeit hat, den Vorgang zu beobachten und mit Sicherheit zu erkennen. Allein die Stiele bleiben oft lange genug zusammengezogen und strecken sich hinreichend langsam aus, so dass man aus diesen Prämissen den Modus des Zusammenschnellens erschliessen kann. Uebrigens gibt es Mittel, das Zusammenschnellen bedeutend zu verlangsamen und den Modus desselben der directen Beobachtung zugänglich zu machen, z. B. die Beimischung einiger Tropfen Sublimatlösung.

Der hyaline Faden des völlig zusammengerollten Stieles bildet eine Helikoïde, deren Windungen sich bis zur Berührung nähern, und trägt nun längs seines innern, gegen die Conductrix der Helikoïde sehenden Randes den Kanal, in welchem der gelbe Faden eingeschlossen ist. Das ist das constante Verhältniss. Vergl. Fig. *a* und Fig. *b*, Taf. 10. Die letztere, welche ein Stück eines nicht völlig zusammengerollten Stieles von *Carchesium* darstellt, zeigt auch die relative Lage des granulirten Fadens. Man hat drei isotrope Helikoïden vor sich, welche zugleich paradrom sind. Das Askoïd, d. h. jene röhrenförmige Fläche, welche man tangirend um sämmtliche Windungen der Helikoïde legen kann, ist gewöhnlich ein Cylinder, manchmal aber ein Kegel mit nach abwärts gekehrter Spitze.

Streckt sich der Stiel aus, so geschieht dies, wie gesagt, ungleich langsamer als das Zusammenschnellen, und man kann den ganzen Vorgang genau verfolgen. Die Windungen der Helikoïde entfernen sich voneinander und das Askoïd verliert an Lichtung, indem sie immer steiler ansteigen. Dabei entdeckt man ohne Schwierigkeit, dass sich der hyaline Faden, während der Streckung, aus dem Zustande der Torsion befreit. Es ergibt sich dies aus den cyklischen Bewegungen, welche der glockenförmige Körper der Vorticelle um seine Längsachse ausführt, während er durch den sich streckenden Stiel emporgehoben wird.

Die Anzahl der Windungen der Helikoïde, welche der zusammengeschnellte Stiel bildet, entspricht jener der Wandellinie des ausgestreckten Stieles.

Die Bewegungen beim Strecken und jene beim Zusammenschnellen des Stieles müssen wesentlich dieselben sein, nur erfolgen sie mit verschiedener Geschwindigkeit und natürlich in entgegengesetztem Sinne. Es ist klar, dass man aus den ersteren, welche leicht zu beobachten sind, mit Sicherheit auf die Art der letzteren, welche wegen enormer Raschheit dem Beobachter fast ganz entgehen, schliessen kann. Uebrigens habe ich oben von Reagentien gesprochen, welche diesen Uebelstand beseitigen. Setzt man z. B. einige Tropfen Sublimatlösung der Infusion bei, welche man unter dem Mikroskop hat, so wickeln sich alsbald die Stiele mit sehr mässiger Geschwindigkeit zusammen und man ist in den Stand gesetzt, die Richtigkeit unseres Schlusses zu bestätigen. Man sieht, wie sich der Körper der Vorticelle beim Einrollen, in Folge der Torsion, welche der hyaline Faden erleidet, dreht und wie der gelbe Faden allmählich an den innern Rand der helikoïdalen Windungen des Stieles gelangt. Die Infusorien vertragen die Beimischung des Sublimats nicht und sterben nach kurzer Zeit ab.

Der Punkt, von welchem aus das Zusammenschnellen der Stiele sowohl als das Strecken beginnt, ist nicht immer derselbe. Ich habe beide Bewegungen am obern, aber auch am untern Ende der Stiele entspringen sehen. Manchmal schienen mehrere oder alle Windungen zugleich von der Bewegung ergriffen. Ein solcher inniger, ursächlicher Zusammenhang zwischen den Bewegungen des Stieles und jenen pes Körpers, namentlich der Entfaltung des Wimperkranzes, wie Herr Eckhard will, existirt durchaus **nicht**, denn man kann es oft sehen, dass die Vorticellen die Wimpern einschlagen, ohne deshalb den Stiel zusammenzuschnellen. Die Beziehung und das Verhältniss dieser Bewegungen zu einander kann man etwa als willkürliche Association oder Synergie auffassen. Dazu braucht man auch nicht eine complicirte Verzweigung des sogenannten Muskels durch den ganzen Körper anzunehmen, wie Herr Eckhard, wahrscheinlich gewissen Ideen über die Organisationsverhältnisse der polygastrischen Infusorien zu Liebe, thut.

Es handelt sich nun darum, die Mechanik des Vorticellenstieles zu erklären und den antagonistischen Kräften bestimmte Formelemente anzuweisen. Ich halte dafür, dass der hyaline Faden **elastischer** Natur ist und das Ausstrecken des Stieles bedingt, während der gelbe Faden aus **contractiler** Substanz besteht und das Zusammenschnellen vermittelt. Der blasse granulirte Faden von *Carchesium* mag vielleicht eine rein vegetative Function haben. Elasticität und Contractilität reichen vollkommen aus, den motorischen Antagonismus begreiflich zu machen und, gebunden an die genannten Formelemente, alle Einzelheiten der Erscheinung zu erklären.

Für den gelben Faden als Vermittler des Zusammenschnellens spricht, wie mir scheint, mit Bestimmtheit der Umstand, dass überall, wo derselbe zerstört ist, auch keine Spur von Contraction beobachtet wird. Nur so weit als der unversehrte, mit dem lebendigen Thiere zusammenhängende Faden reicht, kann der Stiel zusammengeschnellt werden, der übrige Theil des Stieles bleibt unbeweglich. Der gelbe Faden ist der Sitz der contrahirenden Kraft, aber verdient, wie ECKER und KÖLLIKER gezeigt haben, doch nicht den Namen eines Muskels.

Stirbt eine Vorticelle ab, so löst sie sich von dem Stiele los. Man findet häufig genug unbesetzte Stiele in den Infusionen, welche, namentlich wenn die Thiere durch Sublimat getödtet wurden, längere Zeit zusammengezogen bleiben, sonst aber, wie schon der alte O. MÜLLER wusste, durchgängig ausgestreckt sind. In dem ersten Falle befindet sich der gelbe Faden, trotz der Abwesenheit des Thieres, im contrahirten Zustand (Coagulation? Rigor mortis?). Lässt man solche Stiele maceriren oder zerstört man den contractilen Faden durch passende Reagentien, so strecken sie sich von selbst aus und bleiben für immer ausgestreckt. Ich habe diesen Versuch oft angestellt. Er beweist, wie ich glaube, mit Evidenz die elastische Natur des hyalinen Fadens und demonstrirt zugleich das antagonistische Verhältniss, in welchem bei den Bewegungen der Stiele der hyaline zum gelben Faden steht. Herrn GERBER's übrigens ganz unbegründete Ansicht, dass der hyaline Faden ein Schwellgefäss sei, welches sich durch Druck mit Flüssigkeit füllen und erigiren soll, wird durch die mitgetheilte Erfahrung geradezu widerlegt.

Der hyaline Faden ist nichts als eine homogene, elastische Substanz, welche uns hier in der niedersten Sphäre der thierischen Organismen zum ersten Male gesondert und geformt entgegentritt. Es verlohnte sich, die elastischen Elemente in ihrer fortschreitenden Entwickelung in ähnlicher Weise zu verfolgen, wie es ECKER und KÖLLIKER mit der contractilen Substanz gethan haben.

Somit hätte ich meine Auffassung näher begründet und kann nun zur genauern Auseinandersetzung des Mechanismus der Stiele übergehen.

Beiläufig erwähne ich nur noch, dass der motorische Antagonismus auf unendlich mannichfache Weise an Theilen, welche eine bestimmte Bewegung auszuführen haben, realisirt werden kann und factisch realisirt ist. Als wesentliche Bedingungen sind immer zwei Kräfte anzusehen, deren Wirkungen sich gegenseitig aufzuheben im Stande sind. Uebrigens können diese Kräfte einfach sein oder die Resultirenden aus einer beliebigen Anzahl von Componenten; die eine

von beiden kann stärker sein als die andere oder der anderen gleich; die Wirkungen der Kräfte können momentan eintreten oder es kann eine derselben, und zwar die schwächere, continuirlich wirken u. s. w. Wir wollen hier nicht versuchen, die möglichen Fälle zu erschöpfen. Es mögen diese Andeutungen genügen, um den Weg zu bezeichnen, auf welchem man zu einer nach allgemeineren Gesichtspunkten entworfenen Classification einer wichtigen Gruppe von motorischen Apparaten gelangen dürfte.

In unserm Falle haben wir es mit einem momentan thätigen contractilen Faden und einem continuirlich wirkenden, elastischen Faden zu thun, welche in der beschriebenen Weise eine doppelte, paradrome Helikoïde bilden. Die schwächere Elasticität, welche den Stiel stets gestreckt zu erhalten strebt, wird nur zeitweilig von der stärkeren, momentan auftretenden Contractilität überwunden. Es ist nun zu zeigen, wie die Art der Zusammenbiegung des elastischen Fadens durch den contractilen, von der angegebenen Position des letztern abhängt.

Betrachten wir zunächst, in welcher Weise ein ausgestreckter, elastischer Cylinder durch die Zusammenziehung eines geradlinigen, excentrisch gelagerten, mit seiner Längsaxe parallelen, contractilen Fadens in seiner Gestalt verändert werden muss. Es ist klar, dass sich der Cylinder an der Seite, welche dem Faden entspricht, verkürzen und in Folge dessen krümmen wird. Die Zusammenziehung kann sich so weit steigern, dass der Cylinder die Gestalt eines ebenen, geschlossenen Ringes annimmt, an dessen innere Peripherie der contractile Faden zu liegen kommt. Dies wird noch einleuchtender, wenn man sich den Cylinder in unendlich viele dünne Scheiben zerschnitten denkt, deren jede ein Stück des excentrisch gelagerten Fadens enthält. Jedes solche Scheibchen wird durch die Verkürzung des an seiner Peripherie befindlichen Fadenstückes an diesem Rande zugeschärft und nimmt eine keilförmige Gestalt an. Baut man nun in Gedanken aus diesen keilförmigen Scheiben den Cylinder wieder auf, indem man sie mit ihren gleichnamigen Punkten aufeinander legt, so entsteht nothwendig kein geradliniger, sondern ein eben gekrümmter Stab oder ein geschlossener Ring. Von dem Verhältniss zwischen der Menge der Scheiben (oder was dasselbe ist: der Länge des Cylinders) und dem Zuschärfungswinkel der Scheiben (d. h. dem Grade der Verkürzung des Fadens) hängt es ab, ob man nur ein Segment oder den geschlossenen Ring erhält. Haben die keilförmigen Scheiben verschiedene Zuschärfungswinkel (d. h. hat sich der contractile Faden an verschiedenen Punkten ungleich stark verkürzt), so lassen sich mancherlei, geschlos-

sene und offene, ebene Curven zusammenstellen. Mit dem Aufhören der Contraction oder einer an den Faden gebundenen zusammenbiegenden Kraft, dehnt sich der Cylinder wieder geradlinig aus.

Nehmen wir nun an, dass der an der Peripherie des Cylinders befindliche Faden nicht, wie in dem eben betrachteten Falle, parallel mit dessen Axe verläuft, sondern schräg aufsteigt und gehörig verlängert eine Helikoïde um den Cylinder beschreibt, so wird seine Verkürzung auch eine andere Folge für die Krümmung des Cylinders haben.

Wir zerschneiden den Cylinder wieder in unendlich viele dünne Scheiben, deren jede an einer bestimmten Stelle der Peripherie ein schräg aufsteigendes Stück des contractilen Fadens trägt. Der Zug, welchen das Stück des Fadens in schräger Richtung ausführt, lässt sich in zwei Componenten zerlegen, von denen die eine parallel mit der senkrechten Axe der Scheibe wirkt, während die andere horizontal, d. h. parallel mit dem Scheibenrande zieht. Durch die Wirkung der senkrechten Componente erhalten wir, wie in dem obigen Falle die keilförmige Gestalt der Scheibe, während durch die Thätigkeit der horizontalen Componente eine Torsion der Scheibe eintreten muss, welche darin besteht, dass ungleichnamige Punkte des obern und des untern Scheibenrandes übereinander zu stehen kommen. Die einzelnen Scheiben werden also durch die volle Wirkung des schrägen Zuges keilförmig zugeschärft und zugleich torquirt.

Legt man jetzt die Scheiben mit den entsprechenden Punkten der zusammengehörigen Flächen aufeinander, so wird der wieder aufgebaute Cylinder gleichfalls torquirt und gekrümmt erscheinen und an seinem concaven Rande den zusammengezogenen Faden einschliessen. Die Krümmungen des Cylinders liegen nun nicht mehr in einer Ebene.

Ist der Cylinder so lang genommen, dass der in gleichmässig schräger Richtung aufsteigende, contractile Faden eine mehr oder weniger steile Helikoïde um ihn vollendet hat, so ist das Resultat der Zusammenziehung ein helikoïdal gewundener und torquirter Cylinder, welcher sich durch seine Elasticität beim Nachlassen der Zusammenziehung aus der Torsion befreit und seine ursprüngliche, gestreckte Gestalt wieder annimmt. Man sieht leicht, welche Fälle von complicirten und einfachen Curvenformen durch die willkürliche Veränderung des relativen Verhältnisses der Länge und Dicke des Cylinders und des Contractionsgrades und der Führung des Fadens zu erreichen sind. Der ebene Ring und die quere Einschnürung des Cylinders können als Grenzfälle betrachtet werden.

Das erörterte Schema passt im Wesentlichen auf den Stiel der Vorticellen und erklärt, warum der elastische Faden im zusammengeschnellten Zustande eine Helikoïde bilden müsse, warum der contractile Faden nach innen zu liegen komme, wie die Torsion des Stieles, welche sich durch die Drehbewegungen des Körpers der Vorticelle verräth, bewirkt werde, und wie endlich die Streckung des Stieles vor sich gehe.

Ich habe mir nach diesem Schema schon vor mehreren Jahren Modelle angefertigt, welche den Mechanismus des Vorticellenstieles auf sehr instructive Weise versinnlichen. Auf der Wunderscheibe (Phenakistoskop) lassen sich die Bewegungen des Stieles gleichfalls, jedoch nur im Bilde wiedergeben.

Ich kann diese Mittheilung unmöglich schliessen, ohne eines überaus interessanten physikalischen Versuches zu gedenken, welchen Herr Prof. Petrina in Prag im vorigen Jahre angestellt und vor kurzem der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien mitgetheilt hat.

Der Versuch besteht in Folgendem: Man leitet durch eine dünne, elastische Drahthelikoïde, welche an einem passenden Gestell frei herabhängt und mit dem untern Ende in einen Quecksilbernapf taucht, einen mässig starken elektrischen Strom. So wie die Kette geschlossen ist, nähern sich augenblicklich die einzelnen Windungen des Drahtes und die ganze Helikoïde verkürzt sich. In Folge dessen zieht sich das untere Drahtende aus dem Quecksilbernapf heraus. Damit wird aber die Leitung und der elektrische Strom unterbrochen. Der Grund der Verkürzung der Helikoïde fällt weg. Sie streckt sich durch ihre Elasticität wieder aus. Das untere Ende taucht in den Napf zurück und stellt so die Leitung wieder her. Das Spiel beginnt von Neuem.

Prof. Petrina erklärt das Zusammenschnellen der Helikoïde aus dem Gesetze der Anziehung parallel laufender elektrischer Ströme.

Die überraschende Analogie zwischen diesem Versuche und den Bewegungserscheinungen der Vorticellenstiele wird wohl Niemandem entgehen. Hier wie dort hat man es mit einer Helikoïde zu thun, welche durch das antagonistische Spiel zweier Kräfte sich verkürzt und ausstreckt. Sollte sich nicht auch die Erklärung des elektrischen Versuches auf die Bewegungen der Stiele übertragen lassen? In der That, der Gedanke liegt sehr nahe, den Grund des Zusammenschnellens der Stiele gleichfalls in einem von dem Thiere erregten elektrischen Strome zu suchen. An den gelben Faden, den wir den contractilen genannt haben, müsste die Entstehung oder Leitung des elektrischen Stromes gebunden gedacht werden, da nach seiner Zerstörung das Zusammenschnellen aufhört. Das Vorhandensein elektrischer Ströme in

den Vorticellen darf seit den Du Bois'schen Untersuchungen über thierische Elektricität mit Sicherheit vorausgesetzt werden. So wäre denn eine solide Basis zur eigentlichen Erklärung dieser Bewegungserscheinungen gefunden.

Beiläufig erwähne ich hier der Barry'schen Spiralfasern, aus denen die Muskeln zusammengesetzt sein sollen. Barry's Anschauung gewinnt durch Petrina's Versuch jedenfalls an Bedeutung und verdient eine aufmerksame Revision von Seiten der Mikroskopiker. Die Erklärung der Muskelcontraction wäre, wenn sich die schraubenförmige Structur der Muskelfaser bestätigt, bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse über die elektrischen Zustände der Muskeln und Nerven wesentlich erleichtert. Freilich muss erst die Histologie das entscheidende Wort gesprochen haben, ehe man mit einiger Zuversicht an den Ausbau einer begründeten Theorie der Muskelcontraction schreiten kann.

Ich habe bisher noch nicht Gelegenheit gefunden, Barry's Angaben zu bestätigen, doch muss ich gestehen, dass die Präparate, welche mir Dr. M. Barry während seines Aufenthalts in Prag zeigte, meinen Glauben an die allgemein verbreitete Bowman'sche Anschauung wesentlich erschüttert haben.

Schliesslich erlaube ich mir noch auf einen Punkt aufmerksam zu machen. Petrina's Drahtspirale schnellt allerdings durch die Wirkung des elektrischen Stromes zusammen, d. h. die einzelnen Windungen nähern sich fast bis zur Berührung, allein der Draht selbst wird, so viel sich an dem Apparate bemerken lässt, nicht verkürzt und verdickt.

Ein organischer Spiralfaden, welcher sich in Folge eines elektrischen Stromes wie Petrina's Drahtspirale zusammenschnellte — durch Anziehung der Windungen — würde demnach nicht eigentlich verkürzt werden. Der contractile Faden des Vorticellenstiels scheint sich jedoch, nach Allem was ich gesehen habe, nicht nur zusammenzurollen, sondern auch zu verkürzen. Die von mir angedeutete Erklärung des Phänomens könnte also auf den ersten Blick als unzureichend angesehen werden. Allein wenn man bedenkt, dass durch die gegenseitige Anziehung der einzelnen Windungen eine Verdickung des Fadens auf Kosten seiner Länge kaum ausbleiben kann, so wird man die Hypothese noch nicht ganz aufzugeben brauchen.

Uebrigens ist durch die Herbeiziehung des Petrina'schen Versuches — (mag man auch die physiologische Erklärung der Zusammenziehung des contractilen Fadens auf was immer für einen physikalischen Vorgang zurückführen) — ohne Zweifel ein wichtiger Fingerzeig

gewonnen, wie die im Stiele etwa vorhandenen elektrischen Ströme bei der Erklärung des Zusammenschnellens mit zu verwerthen sind.

Prag, den 20. Januar 1853.

Nachschrift. In EHRENBERG's grossem Atlas finden sich einige Darstellungen von Vorticellen, welche, wenn ihnen keine Täuschung zu Grunde liegt, alle Beachtung verdienen. In der einen Zeichnung (Taf. XXVI, Fig. V z) ist der zusammengeschnellte Stiel, statt in der Helikoïde, im Zickzack gebogen; in der andern (Taf. XXVI, Fig. I und V β) läuft der sogenannte Muskel in Gestalt einer Wellenlinie in dem schraubenförmigen Stiele herunter. Ich habe Aehnliches in der Natur nie gesehen und erinnere mich auch nicht, bei Anderen irgend etwas der Art beschrieben gelesen zu haben. Sollten solche Stiele wirklich vorkommen, was ich jedoch bezweifle, so möchte ihr Mechanismus von jenem der gewöhnlichen Stiele ziemlich verschieden sein. Die wellig gebogene, schlaffe Contour des Fadens während der Zusammenrollung des Stieles würde fast geradezu gegen die contractile Natur des sogenannten Muskels sprechen, und man wäre auf eine rein dynamische Erklärung gewiesen. Der im Zickzack, statt in der Helikoïde gebogene Stiel könnte vielleicht noch durch eine blos streckenweise Zusammenziehung des contractilen Fadens erklärt werden, wenn der Verlauf desselben zugleich in entsprechender Weise abweichend gefunden würde. Für jetzt sind beide Darstellungen sehr räthselhaft und verdächtig.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. *a* und *b* auf Tafel 10.

Fig. *a*. Stellt eine Vorticelle vor, welche durch Behandlung mit Sublimat getödtet worden ist. Der Körper ist kugelig zusammengezogen. Der Stiel bildet eine enggewundene Helikoïde, an deren innerem Rande der contractile Faden herunterläuft. Am untersten Ende des Stieles ist der contractile Faden zerstört, der elastische Faden hat sich daher ausgestreckt.

Fig. *b*. Halbschematische Darstellung eines Stückes des Stieles von Carchesium. Es ist eine dreifache dexiotrope und paradrome Helikoïde. Man unterscheidet den elastischen, den contractilen und den granulirten Faden. Letzterer liegt zwischen den beiden ersteren. Der innere Rand der Helikoïde ist quergerunzelt. Die Runzeln gehören dem elastischen, und nicht wie Einige glaubten, dem contractilen Faden an.

XIII.

Ueber den Gewichtsverlust der Thiere nach dem Tode.

[Prager Vierteljahrschrift 1853. Bd. XXXVII. S. 97.]

Die Reihe von Versuchen, deren Resultate im Folgenden mitgetheilt sind, begann im März 1851 und wurde, je nachdem sich Zeit und Gelegenheit darbot, bis zum August fortgesetzt. Meinem Freunde, Prof. H. Hlasiwetz, verdanke ich den grössten Theil der genaueren Wägungen, welche auf den vortrefflichen, aber keine grosse Belastung vertragenden Wagen des hiesigen chemischen Laboratoriums vorgenommen wurden. Die Veranlassung zu diesen Untersuchungen gaben einige Versuche, welche ich zur Bestimmung des absoluten Körpergewichtes verschiedener Thiere angestellt hatte. Die Vergleichung desselben vor und nach der Tödtung des Thieres hatte nämlich ergeben, dass das todte Thier stets leichter war, als das lebende. Der Gewichtsverlust war gleich nach dem Tode deutlich wahrzunehmen und lag immer ausserhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler. Es schien mir interessant genug, genauere quantitative Bestimmungen des Gewichtsverlustes vorzunehmen und diese ganze Erscheinung weiter zu verfolgen, um dem Grunde derselben auf die Spur zu kommen.

Ich experimentirte mit kleineren Säugern (*Mus musculus*, *Lepus cuniculus*, *Spermophilus citillus*, *Cavia cobaya* . . . etc.), Vögeln (*Fringilla serinus*, *Loxia coccothraustes*, *Strix otus*, *Strix noctua* . . . etc.), und Reptilien (*Coluber natrix*, *Lacerta agilis* . . . etc). Das zu opfernde Thier wurde auf die Wage gebracht, und nachdem es sich vollständig beruhigt hatte, mit Genauigkeit gewogen. Alsdann tödtete ich das Thier auf die eine oder die andere Art und trug die scrupulöseste Sorge dafür, dass weder etwas verloren ging, noch auch hinzukam, was die Reinheit des Versuchs hätte stören können. Die wiederholten Wägungen des todten Thieres wurden mit Berücksichtigung der seit der Tödtung verflossenen Zeit vorgenommen, so dass sowohl die absolute,

als die relative Zunahme des Gewichtsverlustes bestimmt wurde. Die gefundenen Werthe stellte ich tabellarisch zusammen; die eine Zahlenreihe enthält die Zeit der Wägungen, die andere das jeweilige absolute Gewicht. Aus der Differenz zweier Posten lässt sich die Veränderung des Gewichtes für eine bestimmte Zeiteinheit und somit der relative Gewichtsverlust leicht berechnen. Diese Tabellen gewinnen an Uebersichtlichkeit, wenn der Gewichtsverlust durch eine Curve ausgedrückt wird. Ich entwarf mir zu dem Ende eine Scale, deren Grade einer gewissen Zeiteinheit entsprachen und liess dieselbe von einer zweiten Scale rechtwinklig durchkreuzen, deren Abtheilungen eine bestimmte Gewichtseinheit repräsentirten. Ich erhielt auf diese Weise eine Anzahl von Vierecken und Durchkreuzungspunkten, welche je nach ihrer Lage und Entfernung vom Nullpunkte eine verschiedene quantitative Bedeutung bekamen. War schon vor dem Versuche ein solches Schema entworfen, so konnte der Verlust gleich nach jeder Wägung graphisch notirt werden. Um beim Entwurfe der Scalen Linien zu ersparen, bezog ich die Grade auf grössere Gewichts- und Zeiteinheiten, und theilte sie nur dort, wo es Noth that, nach einer kleineren Maasseinheit ein. Nach meinen bisherigen Versuchen werden, wenn man genau sein will, die Eintheilungen für den Anfang der Curve kleiner sein müssen als später, weil unmittelbar nach der Tödtung des Thieres, wegen des anfangs relativ grösseren Gewichtsverlustes mehr Wägungen nothwendig erscheinen, als während den folgenden Zeitabschnitten. Je zahlreicher die Wägungen bei gleicher Dauer des Versuches vorgenommen werden, desto genauer drückt die Curve die allmählichen Veränderungen des Gewichtes aus. Aus der Steilheit, mit welcher die Curve nach der einen Seite hin abfällt, ersieht man die relative Grösse dieser Veränderungen, die absolute Grösse derselben lässt sich an der fortlaufend numerirten Scale der Gewichtseinheiten ablesen. Die Reste, welche nach Abzug des bei jeder Wägung gefundenen Verlustes von dem Gesammtgewichte des lebenden Thieres übrig bleiben, können leicht an den passenden Stellen notirt werden. Eine solche graphische Darstellung ist eine table à double entrée, und es lässt sich, wenn die Curve des Gewichtsverlustes genau gearbeitet ist, für jeden beliebigen Zeitpunkt der Verlust, und umgekehrt für jede Grösse des Verlustes die seit der Tödtung verflossene Zeit, ohne Rechnung, finden.

Aus einer grossen Menge von Versuchen, welche ich tabellarisch zusammengestellt habe, theile ich hier nur drei im Detail mit und lasse darauf das aus sämmtlichen Versuchen gewonnene Resultat folgen.

1. Ein junges Kaninchen (*Lepus cuniculus*) wog lebend 17 Unzen und 84 Gran Med. Gew.

1/2	Stunde nach	der	Strangulation	hatte	es	5	Gran,
3 1/2	Stunden »	»	»	»	»	15	»
11 1/2	»	»	»	»	»	21	»
19 1/2	»	»	»	»	»	30	»
27 1/2	»	»	»	»	»	37	»
36 1/2	»	»	»	»	»	47	» von seinem

Gewichte verloren.

Aus dieser Tabelle ergibt sich, dass der Gewichtsverlust nach der ersten halben Stunde relativ am grössten war. In den darauf folgenden 3 Stunden betrug derselbe schon nur 10 Gran, was auf die halbe Stunde 1 2/3 Gran Verlust abwirft. Während den letzten 33 Stunden ist der Verlust = 32 Gran und es käme demnach auf die halbe Stunde etwa 1/2 Gran.

2. Eine *Lacerta agilis* wog lebend 22,605 Gramm. Nachdem ihr etwa 4 Minuten lang der Brustkorb stark zusammengedrückt worden war und der Tod eingetreten zu sein schien, ergab die erste Wägung einen Verlust von 0,046 Gramm.

5	Minuten	nach	dieser	ersten	Wägung	hatte sie	0,086	Gramm
12	»	»	»	»	»	»	0,116	»
19	»	»	»	»	»	»	0,156	»
26	»	»	»	»	»	»	0,176	» von

ihrem Gewichte verloren. Während der letzten Wägung bewegte sich das Thier plötzlich wieder, indem es nicht völlig getödtet worden war. Der Druck auf den Thorax wurde nun von Neuem und verstärkt angewendet, bis das Thier endlich kein Lebenszeichen mehr von sich gab. Nach 3 Stunden zeigte sich ein Verlust von 0,352 oder eigentlich von 0,276, weil die früher verlorenen 0,176 Gramm abgezogen werden müssen. Nach 3 1/2 Stunden betrug der Verlust 0,368 Gramm, nach 21 1/2 Stunden 0,552 Gramm. Werden die vor dem Eintritte des Todes, innerhalb der 30 Minuten verlorenen 0,176 Gramm hinzuaddirt, so erhält man die Werthe 0,444 und 0,728. Der Gesammtverlust, den das 22,605 Gramm schwere Thier während des Zeitraumes von etwa 22 Stunden, unter den angegebenen Umständen, erlitten hat, beläuft sich demnach auf 0,728 Gramm, was nahezu den 31. Theil seines Körpergewichts ausmacht.

Auch aus dieser Tabelle ergibt sich eine Unregelmässigkeit in der Zunahme des Gewichtverlustes. Besonders bemerkenswerth ist die rasche Abnahme des Gewichtes während des langen Todeskampfes.

3. Zwei lebende Mäuse (*Mus musculus*) wogen zusammen 18,836 Gr. Beide wurden sofort durch starken Druck auf den Thorax getödtet und

18	Minuten später gewogen;			Verlust	0,038	Gramm.
30	«	»	»	»	0,057	»
70	»	»	»	»	0,058	»
$4^1/_2$	Stunden	»	»	»	0,071	»
24	»	»	»	»	0,196	»

Wird der Verlust zu gleichen Theilen auf beide Thiere, welche nahezu dieselbe Grösse hatten, vertheilt, so kommt auf Eines ein Totalverlust von 0,098 Gramm oder einem 95stel seines Körpergewichtes.

Das allgemeine Resultat, welches sich aus sämmtlichen Versuchen ergeben hat, ist kurz folgendes: Die Thiere werden von ihrem Tode an, bis zum Zerfallen durch die Fäulniss oder bis zur völligen Mumification fortwährend leichter; der Gewichtsverlust nimmt jedoch ungleichmässig zu und wächst, unter übrigens gleichen Umständen, anfangs am bedeutendsten.

Es handelt sich nun darum, die ganze Erscheinung zu erklären und mit bekannten Vorgängen in Zusammenhang zu bringen.

Betrachtet man die Gewichtsverhältnisse eines lebenden Thieres während der mannigfaltigen, gesetzmässig oder zufällig wechselnden vitalen Processe, so findet man, dass das gesammte Körpergewicht, abgesehen auch von den durch das Lebensalter in grösseren Zeitabschnitten gesetzten Differenzen, fortwährenden, oft sehr beträchtlichen Schwankungen unterworfen ist. Der menschliche wie der thierische Körper behält streng genommen fast keinen Augenblick das gleiche Gewicht bei. Freilich können die in sehr kurzen Zeiträumen stattfindenden, oft unendlich kleinen Schwankungen, auf unseren Wagen nicht nachgewiesen werden, doch lassen sie sich nichts desto weniger voraussetzen. Der Gewichtsverlust und die Gewichtszunahme des lebenden Körpers werden durch das Zusammenwirken unzähliger innerer und äusserer Vorgänge mit Nothwendigkeit bedingt. Es steht hierbei die Aufnahme von Stoffen aus der umgebenden Aussenwelt mit den Ausscheidungen, den verschiedenen Se- und Excretionen, in antagonistischem Verhältnisse. Die stofflichen Einnahmen und Ausgaben müssen hier im weitesten Sinne genommen werden, sowohl hinsichtlich der chemischen und physikalischen Beschaffenheit, als der dabei thätigen Organe. Eine Unterscheidung der Einnahmen in solche, durch welche Stoffe überhaupt in den Körper kommen (z. B. Essen, Trinken) und in solche, welche die Stoffe erst zu eigentlichen Bestandtheilen des Organismus machen (z. B. die Aufsaugung des Chylus), ist für den nächsten Zweck der angeregten Betrachtung nicht nothwendig. Dasselbe gilt von einer ähnlichen Eintheilung der Aus-

gaben. Der Organismus fällt als ein lebendiges Ganze, mit allen seinen Werkzeugen in die Wagschale und soll als solches, während der gesetzmässigen, physiologischen Thätigkeit derselben in Bezug auf das Gewicht untersucht werden. Der Zusammenhang der vitalen Functionen mit den Schwankungen des Körpergewichtes soll hier aufgedeckt werden.

Die Einnahmen machen den Organismus schwerer, die Ausgaben leichter. Ueberwiegen die einen die anderen, so resultirt ein Gewinn oder ein Verlust an Gewicht für das Individuum. Der Fall ist denkbar, dass sich beide entgegengesetzte Factoren das Gleichgewicht halten, und das Körpergewicht für eine kürzere oder längere Zeit dasselbe bleibt.

Für die normale Entwickelung gilt als Gesetz, dass das thierische und menschliche Individuum mehr einnimmt und weniger ausgibt, so lange es in seiner körperlichen Ausbildung begriffen ist; später kommen die Factoren des Gesammtgewichtes im Allgemeinen auf gleiche Höhe; in der Periode der Decrepidität ersetzen die Einnahmen die Ausgaben nicht mehr, und nach dem Tode geht der Verlust an Masse und Gewicht unaufgehalten fort. Freilich unterliegt das skizzirte Schema einer Menge von individuellen Ausnahmen. Es darf überdies nicht vergessen werden, dass immer noch nothwendige und zufällige Schwankungen in dem antagonistischen Verhältnisse der Einnahmen und Ausgaben eintreten, welche ohne Störung des ganzen Ganges in das Schema aufgenommen werden müssen.

Es liesse sich hiernach eine Curve des Körpergewichtes für ein individuelles Dasein entwerfen, welche mit der Enstehung des Organismus anhebt und mit der Auflösung desselben endet. Diese graphische Darstellung müsste in der Entfernung betrachtet, als eine Linie erscheinen, welche rasch aufsteigt, nach und nach eine grösste Höhe erreicht und behält, und endlich wieder herabsinkt. In der Nähe und genauer angesehen, würde die Linie wie mit zitternder Hand gezogen, die angedeutete Krümmung vollenden und mehr oder weniger regelmässige, grössere und kleinere Biegungen im Zickzack zeigen. — Diese Curve des Körpergewichtes ist die Resultirende zweier Componenten, welche in entgegengesetzten Richtungen wirken, die eine von unten nach oben, die andere von oben nach unten; jene entspricht den Einnahmen, diese den Ausgaben. Die Veränderungen des specifischen Gewichtes des Individuums, welche streng genommen gleichfalls als Componenten betrachtet werden können, sind im Allgemeinen allzu unbedeutend, und dürfen vernachlässigt werden. Man kann vollends davon absehen, wenn man von vornherein das Volumen des Indivi-

duums nicht berücksichtigen will und die Beobachtungsmethode darnach wählt. — Das letzte absteigende Stück der Curve des Körpergewichtes stellt den durch die oben mitgetheilten Versuche direct nachgewiesenen, nach dem Tode fortdauernden Gewichtsverlust dar, welchem keine vitalen Einnahmen entgegenwirken. Von den Ausgaben, welche das Leichterwerden bedingen, hat der Tod die Mehrzahl gleichfalls sistirt, in ununterbrochener Wirksamkeit bleiben aber jene Ausgaben, welche nicht unmittelbar von dem Leben des Organismus abhängen, und diese sind es daher, welche die fragliche Erscheinung erklären müssen.

Man hat die stofflichen Ausgaben nach verschiedenen Eintheilungsgründen unterschieden: so nach dem Aggregationszustande des Ausgeschiedenen in feste, flüssige und gasförmige; nach der chemischen Beschaffenheit; nach den betheiligten Organen etc. Eine weitere Eintheilung ist durch die interessanten Versuche von Ludwig und Rahn (Ueber die Beihülfe der Nerven zur Speichelsecretion. Zürich) angebahnt worden, nämlich nach dem Grade der Abhängigkeit vom Nervensysteme. Die Ausgaben, um welche es sich hier handelt, müssen durch einen rein chemisch-physikalischen Vorgang bedingt sein, da sie das Leben überdauern, und dunst- oder gasförmiger Natur sein, weil sie nicht unmittelbar wahrgenommen werden können; ferner müssen sie auf der freien, von der Haut und den Schleimhäuten überkleideten Oberfläche des Körpers stattfinden, indem alle anderen Wege der Ausfuhr von Stoffen verlegt sind.

Nach Allem lässt sich mit Bestimmtheit behaupten, dass die fragliche Ausscheidung nichts anderes ist, als die Ausdünstung, das schon während des Lebens vorsichgehende und noch fortwährende Verdünsten der flüssigen Bestandtheile des Körpers und das Verflüchtigen von Gasen. Das beschriebene Leichterwerden nach dem Tode ist der Ausdruck des durch die Verdünstung gesetzten Substanzverlustes. Das getödtete Individuum verhält sich hier im Wesentlichen gerade so, wie eine der Verdünstungsröhren, welche Liebig bei seinen Versuchen über den Verdünstungsdruck (Unters. über einige Ursachen der Säftebewegung im thierischen Organismus. 1848.) angewendet hat.

Die gegebene Erklärung des Gewichtsverlustes reicht vollkommen aus. Die nach dem Tode eintretenden Verhältnisse, welche man mit dem Leichterwerden noch in Beziehung bringen könnte, als das Erkalten der Leiche, das Aufhören der Respirations- und Blutbewegung u. s. w., beziehen sich entweder auf die Veränderung des specifischen Gewichtes, und es genügt, darauf im Allgemeinen hingewiesen zu haben, oder sie wirken nur modificirend auf die Raschheit, das Quan-

tum der Verdünstung ein, und dann werden damit keine wesentlich neuen Erklärungsgründe, sondern nur Bausteine zum Ausbau der vorgetragenen Ansicht geliefert.

Wird das Entweichen des Wasserdunstes und der Gase verhindert, so kann auch kein Gewichtsverlust zu Stande kommen. Es beweist dies folgender Versuch, durch welchen zugleich jeder Nebengedanke an irgend eine dynamische Wirkung verbannt wird. Ich brachte in eine dünnwandige Glasröhre vier wohlabgetrocknete lebende Tritonen und schmolz die offenen Enden auf dem Glasbläsertische zu. Die miteingeschlossene Luft reichte hin, den Thieren mehrere Stunden das Leben zu fristen. Die Röhre sammt Einschluss wurde sorgfältig gewogen und das Gewicht notirt. Nach geraumer Zeit — die Thiere lebten noch — gab die wiederholte Wägung dasselbe Resultat. 30 Stunden später waren sämmtliche Thiere zu Grunde gegangen, es zeigte sich aber noch immer keine Spur einer Gewichtsabnahme.[1])

Wie bereits oben mitgetheilt wurde, ist der Gewichtsverlust in der ersten Zeit nach der Tödtung des Thieres verhältnissmässig am grössten und nimmt später ungleichmässig zu. Wenn die gegebene Erklärung des Phänomens richtig ist, so kann es keine Schwierigkeiten haben, auch diese Schwankungen nach ihren Bedingungen einzusehen. Der anfangs bedeutendere Verlust beruht zum Theil auf der letzten vitalen Thätigkeit (der Haut) während des Todeskampfes (Todesschweiss), zum Theil geht der Verdunstungsprocess rascher vor sich, so lange das Thier noch warm ist und noch nicht viel Feuchtigkeit verloren hat. (Dies entspricht ganz den Versuchen von Krause, welche beweisen, dass die Verdunstung durch die unverletzte Epidermis hindurch wirklich stattfindet. [Handw. d. Physiolog. B. II, S. 158]. Ein durch ein Stück dünner Epidermis verschlossenes, mit Wasser gefülltes Gläschen verlor in den ersten Tagen 0,35—0,21 Gran in 24 Stunden, später im Mittel 0,1 Gran.) Die letzte vitale Thätigkeit der Haut während des Todeskampfes ist übrigens einer der Gründe, warum die Art, auf welche man das zum Versuch bestimmte Thier tödtet, nicht ganz gleichgültig ist für die Grösse des anfänglichen Gewichtsverlustes. Der oben unter 2) angeführte Versuch mit der *Lacerta agilis* kann als Beleg dafür dienen.

Die Grösse der Zunahme des Gewichtsverlustes überhaupt, als be-

[1] Nach $^5/_4$ Jahren hatte sich in der Röhre eine beträchtliche Menge einer missfärbigen Jauche angesammelt, welche nebst den freien Gasen unter anderen Umständen längst verschwunden wäre und einen ansehnlichen Gewichtsverlust gesetzt hätte. Die Thiere sind äusserlich vollkommen wohlerhalten.

dingt durch die Verdunstung, hängt aber wesentlich von den hygrometrischen und barometrischen Verhältnissen der Atmosphäre und der Temperatur ab. Es kann der Fall eintreten, dass durch die Zustände der das Thier umgebenden Medien nicht nur ein absoluter Stillstand der Verdunstung — also auch der Abnahme des Gewichtes, eintritt, sondern dass sogar das Gegentheil von dem bisher Besprochenen geschieht, nämlich eine Aufnahme von Stoffen, namentlich von Wasser, aus der Luft und dem gemäss eine Zunahme des Körpergewichtes. Wenn der Körper z. B. schon vorher mehr Flüssigkeit verloren hätte, als die Atmosphäre im Augenblicke selbst besässe, so würde dies unvermeidlich sein. Die mehr oder weniger auffallenden Schwankungen des Gewichtsverlustes, sowohl im Anfange, als auch später, werden sich also auf den häufigen, oft schnellen und periodischen Wechsel der angeführten äusseren Verhältnisse zurückführen lassen und nehmen wir dazu nebst den erörterten inneren Bedingungen noch die individuellen Verhältnisse in Betracht, als: Alter, Grösse, Wohlgenährtheit u. s. w., so dürften wir wohl sämmtliche maassgebende Momente erschöpft haben, welche hierher bezogen werden können.

Die Veränderungen des Körpergewichtes, welche auch in pathologischer Hinsicht von praktischer Wichtigkeit sind, wie neuere Erfahrungen zeigen, haben wir bis über die Vernichtung des individuellen Lebens hinaus verfolgt, und damit die Auffassung jener physikalischen Verhältnisse des thierischen Organismus vervollständigt, welche durch die skizzirte Curve des Körpergewichtes graphisch dargestellt wurden, nämlich seiner Beziehungen zur Schwere.

Schliesslich will ich noch eines weitverbreiteten Vorurtheiles gedenken, dessen Berichtigung und Deutung wohl hier Platz finden kann. Es gilt als Erfahrungssatz, dass der Tod die Leichen nicht nur strecke, sondern auch schwerer mache. Der Volksglaube behauptet also das Gegentheil von dem, was im Vorhergehenden als eine allgemeine und nothwendige Erscheinung nachgewiesen wurde. — Es versteht sich von selbst, dass der menschliche Körper, auf welchen dies zunächst bezogen wird, keine Ausnahme von dem Naturgesetze machen kann, sondern aus den angegebenen Gründen nach dem Tode an Gewicht verlieren muss, wie alle thierischen Organismen. Irgend eine Wahrheit liegt jedoch diesem, wie den meisten Vorurtheilen zu Grunde. Die fraglichen im Volke gemachten Erfahrungen sind nicht unrichtig, nur müssen sie anders ausgelegt und das Resultat, zu dem sie führen, anders formulirt werden.

Wenn man einen Lebenden heben oder tragen soll, so gibt man ihm oder er sich selbst eine passende Stellung; er legt den Arm um

den Hals des Trägers, er zieht die Beine an, u. s. w. Durch die bewusst oder unbewusst angenommene Attitüde wird das Gewicht auf mehrere Punkte vertheilt und erscheint dem Träger geringer, erträglicher. Es hängt von der Art, wie die Last gefasst wird, zum grossen Theil die Beurtheilung ihrer Grösse ab, da der Kraftaufwand je nach dem Angriffspunkte ein sehr verschiedener ist, ohne dass sich dabei das Gewicht des Gegenstandes ändern würde. — Der Lebende hilft also auf die angedeutete Art dem Träger; er kann sich »leicht machen«, wie man zu sagen pflegt — der Leichnam hingegen fällt haltungslos zusammen oder streckt seine Glieder starr und steif von sich und wird daher meist unter sehr ungünstigen mechanischen Momenten gehoben und getragen werden müssen.

Nehmen wir nebst diesem mechanischen Grunde für einzelne Fälle noch einen psychologischen, die Scheu vor dem Leichname, hinzu, so dürfte die Entstehung jenes Vorurtheiles genügend gerechtfertigt und gedeutet sein.

Da der Tod nicht schwerer, sondern in der That leichter macht, so muss die Formulirung der im Volke gemachten Erfahrungen insoweit berichtiget werden, als es nun heisst, dass die Leichname nicht schwerer, sondern nur s c h w e r e r z u t r a g e n sind, als Lebende.

XIV.

Ueber das Accommodationsvermögen des Auges.

[Prager Vierteljahrschrift 1854. Bd. XLIII. S. 109.]

Die Ermittlung der Veränderungen des optischen Apparates der Augen beim Sehen in verschiedenen Entfernungen, und die Erkenntniss des diese Veränderungen vermittelnden Apparates, ist seit KEPLER ein stehendes Problem der Physiologie. Wenige Probleme aus dem gesammten Gebiete der Physiologie sind häufiger Gegenstand der Untersuchung gewesen und haben eine grössere Fluth von Hypothesen veranlasst! — Viele Forscher, von HALDAT bis auf ENGEL, haben sich's leicht gemacht, und den Knoten statt zu lösen — zerhauen, indem sie das ganze Accommodationsvermögen, entgegen den elementarsten Gesetzen der Dioptrik, einfach geläugnet haben. Keine der bisher aufgestellten Hypothesen hat sich einer allgemeinen Annahme und Anerkennung erfreut. Dies ist nicht zu wundern, denn es fiel keinem der Forscher ein, den sichern Weg der empirischen Untersuchung zu gehen, und die factisch vorhandenen Accommodationsveränderungen durch optische Hilfsmittel zu suchen; sondern man begnügte sich mit mehr oder weniger sinnreichen theoretischen Speculationen, die allerdings stets etwas Richtiges enthielten und zur Erklärung möglicherweise ausreichen konnten, aber nicht zu erweisen waren. Erst in neuester Zeit haben CRAMER in Gröningen [1]) und später HELMHOLTZ in Königsberg [2]) den einzig richtigen Weg der

[1] Het Accommodatievermogen der Oogen, physiologisch toegelicht, door A. CRAMER te Groningen. Den 21. Mai 1852 door de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem met de Gouden Medaille en de premie von 150 Gulden bekroond. Te Haarlem bij de Erven Loosjes. 1853.

[2] Ueber die im Auge eintretenden Veränderungen bei abgeänderter Accommodation von H. HELMHOLTZ. (Monatsber. der Berl. Akad. 1853. Febr. S. 137—139).

Forschung, welchen zuerst DONDERS als solchen bezeichnet hatte, betreten und sind, unabhängig von einander, zu gleichen Resultaten gekommen. Dieser Umstand erweckt jedenfalls ein noch grösseres Vertrauen in die Richtigkeit ihrer Angaben, als es so bewährte Forscher wie CRAMER und HELMHOLTZ ohnehin verdienen und besitzen.

Die inneren Veränderungen des Auges beim Accommodiren für die Nähe bestehen nämlich in dem Convexer-Werden der vordern Fläche der Linse. Beim Sehen in die Ferne plattet sich die vordere Fläche der Linse wieder ab. Es ist klar, dass die Brennweite des Auges im ersten Falle ab-, im zweiten zunehmen muss. Die Linse verändert dabei ihren Platz durchaus nicht, sie rückt weder vor- noch rückwärts, sondern es verändert sich nur der Krümmungshalbmesser der vordern Linsenfläche. Dies Alles ergiebt sich aus der genauen Beobachtung der relativen Stellung und Grösse der von PURKINĚ entdeckten Reflexbildchen im Auge. Die Cornea reflectirt bekanntlich als ein convexer Spiegel ein aufrechtstehendes Bildchen, ebenso die vordere Linsenfläche, während die hintere Linsenfläche als ein concaver Spiegel ein verkehrtes Bildchen zurückwirft. Sieht man von der Seite ins Auge, so erscheinen diese drei Bildchen in bestimmter Entfernung hintereinander. Lässt man nun das beobachtete Auge für die nächste Nähe accommodiren, so beobachtet man folgende Erscheinung. Das Corneabildchen und das Bildchen der hintern Linsenfläche ändern weder Platz, noch Grösse. Das mittlere, durch die vordere Linsenfläche bedingte Bildchen hingegen rückt weiter nach vorn und verkleinert sich auffallend.

Es versteht sich von selbst, dass das beobachtete Auge bei der Veränderung der Accommodation vollkommen ruhig bleiben muss, und keine seitliche Bewegung ausführen darf. CRAMER hat, die Beobachtung zu erleichtern, ein eigenes Instrument, das Ophthalmoskop, angegeben. Eine einfache optische Construction zeigt, dass die mitgetheilte Erscheinung sich nur durch das Convexer-Werden der vorderen Linsenfläche erklären kann. Würde die ganze Linse ihren Platz ändern, dann müsste nebst dem mittleren auch das dritte, verkehrte Bildchen vorrücken, was jedoch nicht der Fall ist. — CRAMER betrachtet das Spiegelbild einer Kerzenflamme. HELMHOLTZ lässt zwei senkrecht übereinanderstehende Lichtpunkte spiegeln.

Die Lehre vom Accommodationsvermögen hat, wie sich aus dem Mitgetheilten ergiebt, einen sehr bedeutenden Fortschritt gemacht; — allein zum völlig befriedigenden Abschlusse ist die Sache doch noch nicht gediehen. Es fehlen nämlich noch genaue und ausführliche Messungen der endlich erkannten Accommodationsverände-

rungen. Helmholtz giebt zwar an, dass der Krümmungshalbmesser der vordern Linsenfläche in der Ruhe, d. h. beim Sehen in die Ferne, 10 bis 11 Mill. betrage und beim Sehen in die nächste Nähe beiläufig nur halb so gross sei. Dies reicht jedoch lange nicht hin, die Frage über die Accommodations-Grösse zu erledigen.

Wenn genauere Messungen vorliegen werden, dann wird man vor Allem berechnen müssen, ob das Maximum der Veränderung des Krümmungshalbmessers, d. h. das ganze Accommodationsintervall, hinreicht, den grössten Anpassungsumfang gesunder Augen zu erklären. — So lange dies nicht geschehen ist, sind wir noch immer nicht sicher, ob die Zunahme und Abnahme des Krümmungshalbmessers der vorderen Linsenfläche die einzige Veränderung im Auge beim Sehen in verschiedenen Entfernungen sei, und ob das Problem erschöpfend gelöst ist. Vorläufig können wir uns freilich mit der von Cramer und Helmholtz über allen Zweifel festgestellten, factisch vorhandenen Accommodationsveränderung zur Erklärung der variablen Brennweite des Auges begnügen, und sind wir aller der unerquicklichen Hypothesen los, welche namentlich von den Augenärzten zum Hausgebrauch ersonnen und vertheidigt wurden. Es handelt sich nun darum, die Ursache zu finden, welche die Veränderung des Halbmessers der vordern Linsenfläche bedingt, — den Apparat, der sie vermittelt. Helmholtz hat sich vorläufig über diesen Punkt nicht ausgesprochen. Er macht nur die Bemerkung, dass die Linsen keine Contractilität, wohl aber eine bedeutende Elasticität besitzen, so dass sie in Folge eines Druckes leicht ihre Gestalt verändern, dann aber die frühere Gestalt vollständig wieder annehmen, wenn der nicht allzu lang andauernde Druck wieder aufgehoben wird. Cramer hingegen hat auch diesen Punkt auf empirischem Wege zu erledigen gesucht, und ist zu dem Resultate gelangt, dass die *Iris* und der *Tensor chorioideae* den musculösen Apparat darstellen, welcher den gestaltverändernden Druck auf die Linse ausübt. Es unterliegt keinem Zweifel, dass durch die Zusammenziehung der auf der Linse aufliegenden Iris und durch die antagonistische Wirkung des *Tensor chorioideae* die erörterte Veränderung der Gestalt der Linse für das Nahesehen leicht und vollständig erklärt werden kann, namentlich wenn man der mechanischen Betrachtung die von Cramer mitgetheilten schematischen Augendurchschnitte zu Grunde legt, welche wesentlich von den gangbaren Zeichnungen sich unterscheiden. Cramer zeichnet z. B. keine hintere Augenkammer, sondern lässt die Iris dicht auf der vordern Linsenfläche aufliegen. Arlt stimmt in diesem Punkte mit Cramer überein, was Ersterem nur angenehm sein kann, da Arlt

sehr gelungene, sorgfältig conservirte Augendurchschnitte besitzt. CRAMER reizte auf elektromagnetischem Wege die Iris, und erzielte auf diese Art die Accommodationsveränderung. Er begnügte sich jedoch nicht mit diesem directen Beweise, sondern führte noch einen gewissermassen negativen Beweis für die prätendirte Wirkung der Iris. CRAMER spaltete die Iris von der Pupille aus gegen die Peripherie hin, durch einen Schnitt, und wendete den elektromagnetischen Reiz abermals an — doch unter diesen Umständen ohne Erfolg: Beweis genug, dass es die Iris war, welche im unversehrten Zustande die Gestaltveränderung der Linse bewirkte.

So überzeugend auch CRAMER's Experimente und Betrachtungen (das Nähere findet sich in dessen ausgezeichneter oben citirter Preisschrift) für die angegebene Rolle der Iris sprechen mögen, so bin ich doch überzeugt, dass CRAMER's Lehre auf viele Gegner stossen wird, welche sich mit dieser Vorstellung nicht werden befreunden können oder wollen. Auch ist in neuester Zeit wirklich auch schon ein anderer Theil des Auges als Anwendungsapparat bezeichnet worden. L. FICK[1]) behauptet, dass »die Uvea der Apparat sei, welcher die Adaption für das Nahe- oder Fernesehen durch Linsenbewegung (??) und Linsenformveränderungen vermittelt, indem sie wechselnde Blutquanta bald vor, bald hinter die Linse versetzt.« FICK beschreibt (ich verweise auf die citirte Abhandlung) nämlich eine ganz eigenthümliche Gefässformation in der Chorioidea und den Ciliarfortsätzen, die keine Aehnlichkeit mit den gewöhnlichen Vegetationsapparaten des Gefässsystems hat, und offenbar eine andere Rolle als diese spielen muss. »Ueberblickt man alles Vorgetragene, und denkt sich die in die Augenkammer hineinragenden *Processus ciliares* als erectile und contractile Gefässe, so ist bei constanter Gestalt des Bulbus ein Apparat gegeben, durch welchen die Anfüllung der *Processus ciliares*, vermittelst der Flüssigkeit der vordern Augenkammer, einen Druck auf die vordere Linsenkapsel, und die Entleerung der *Processus ciliares* einen Druck auf die hintere Linsenkapsel ausüben muss.« Durch diesen Antagonismus erklärt dann FICK auf ziemlich einleuchtende Weise ein geringes Vor- und Zurückrücken der Linse und das Convexer-Werden ihrer vorderen Fläche. Das Blut spielt hiebei, wie man sieht, eine Hauptrolle, ohne das unter dem bestimmten Drucke fliessende Blut ist nach der Ansicht FICK's keine Accommodationsveränderung denkbar. Nun aber hat CRAMER seine Reizversuche an frischen, aber ausgeschnittenen, Seehundsaugen angestellt,

[1] Ueber die Adaption des Auges von LUDWIG FICK. Mit einer Nachschrift von ADOLPH FICK. (Müller's Archiv. 1853. Heft V. S. 449).

und es scheint mir daher keinem Zweifel zu unterliegen, dass Fick's Ansicht allen Jenen, welche nur das mindeste Vertrauen in Cramer's Versuche setzen, als unhaltbar erscheinen muss, wenn dieselbe den einzigen Grund der Accommodation aufgedeckt haben soll. Ich glaube aber, dass eine Verschmelzung der Ansichten von Fick und Cramer möglich und zweckdienlich ist. Ich bringe dieselbe hiermit in Vorschlag. Es scheint mir, die Wirkung der Iris, wie dieselbe durch Cramer zuerst erkannt wurde, müsste wesentlich unterstützt und vergrössert werden, wenn die Ciliarfortsätze durch ihre Contractilität und Erectilität einen verschiedenen und entsprechenden Füllungsgrad, und in Folge dessen ein verschiedenes Volumen, annehmen könnten. Cramer's Hypothese würde durch diesen Vermittlungsvorschlag neuerdings gestützt und Fick's Idee, welche so, wie sie ihr Autor ausspricht, unhaltbar ist, doch verwerthet.

Ich stelle mir den Mechanismus der Accommodation nun etwa folgendermassen vor. Das Zunehmen der Convexität der vorderen Linsenfläche für das Nahesehen wird vermittelt durch den Druck, welchen 1. die Iris unmittelbar auf einen Theil der vordern Fläche der Linse und mittelbar durch die prall angefüllten, erigirten Ciliarfortsätze auf die *Zonula Zinnii* u. s. w. auf die Peripherie der Linse, und 2. der durch den sich spannenden *Tensor chorioideae Br.* nach vorn gedrängte Glaskörper von hinten auf die Linse ausübt. — Die elastische, auf die angegebene Weise gedrückte Linse muss natürlich nach jener Gegend ausweichen, wo ihre Masse keinen oder den geringsten Widerstand findet, und diese Gegend ist die Pupille. In dieser Gegend muss also die Linse convexer werden. Lässt der geschilderte Druck nach und entleeren sich überdies die Ciliarfortsätze, deren Blut einfach abfliesst und nicht hinter der Linse, wie Fick meint, sich ansammeln kann, indem gar kein Grund vorhanden ist, dies anzunehmen, so nimmt die elastische Linse mehr oder weniger vollständig ihre frühere Gestalt an, und es plattet sich die vordere Fläche wieder ab.

Man ersieht hieraus, dass ich bei meinem Vermittlungsvorschlag ganz der Cramer'schen Ansicht folge, nur dass ich von Fick's sonst unhaltbarer Idee ein brauchbares Moment, die Füllung und Entleerung der Ciliarfortsätze, entlehne und so mit Cramer's Lehre verbinde, dass die prätendirte Wirkung der Iris um so einleuchtender und bedeutender wird. — Das der Cramer'schen Lehre hiermit beigefügte Moment ist jedoch kein nothwendiges, sondern nur ein begünstigendes, und kann auch, wie Cramer's Reizversuche beweisen, ganz wegbleiben.

XV.

Ueber das Wesen der von Dr. C. Thomas auf Linsenschliffen entdeckten Curvensysteme.

[*Zeitschr. f. wissensch. Zoologie etc. 1855. Bd. VII. S. 185.*]

(Hierzu Tafel 10).

In den vorliegenden Zeilen beabsichtige ich den Beweis zu liefern, dass die überaus zierlichen concentrischen Zeichnungen auf Schliffen von getrockneten Krystalllinsen, welche Dr. THOMAS[1]) in Königsberg in Pr. zuerst beobachtet, beschrieben und abgebildet hat, ein prägnanter Ausdruck der Linsenfaserung sind, und somit aus der bis jetzt bekannten Structur der Linse entweder zu erklären sein werden oder aber zu einer andern, bessern Einsicht in die Anordnung der Linsenfasern führen müssen.

Indem ich auf diese Weise die wissenschaftliche Bedeutung der mühsamen und fleissigen Untersuchungen des Dr. THOMAS überhaupt und seiner neuen Präparationsmethode insbesondere in das rechte Licht zu stellen mich bemühen werde, hoffe ich einerseits dem Verdienste des Dr. THOMAS die demselben gebührende Anerkennung, andererseits aber der Wissenschaft eine Errungenschaft, welche in Folge der oberflächlichen Würdigung von Seite der Zeitgenossen leicht wieder verloren gehen und vergessen werden könnte, zu sichern.

Die eben ausgesprochene Befürchtung ist wegen der noch immer nicht feststehenden Ansicht über das Wesen der THOMAS'schen Curvensysteme nicht ganz unbegründet, denn sollte die Ansicht, dass diese zierlichen Zeichnungen nur ein zufälliges optisches Phänomen sind und in keiner directen Beziehung zur Faserung der Linse stehen, eine

[1] Prager Vierteljahrschr. 1854. Bd. XLI. Ausserordentliche Beilage S. 1.

allgemeinere Aufnahme finden, so dürften sich die Histologen wohl kaum veranlasst fühlen, der THOMAS'schen Entdeckung ihre Aufmerksamkeit ernstlich zuzuwenden und auf dem durch dieselbe eröffneten Wege fortzuschreiten, und es würde die ganze Sache unfehlbar der Vergessenheit anheimfallen. Zwar hat schon BRÜCKE[1]) die Behauptung aufgestellt, dass die THOMAS'schen Curvensysteme mit dem Bau der Linse in directem Zusammenhange stehen, und erklärt, »dass sie uns einen Blick in die mathematischen Eigenschaften der Curven doppelter Krümmung thun lassen, welche die Fasern, aus denen die einzelnen Schichten der Linse zusammengesetzt sind, beschreiben, und dass sie es uns möglich machen, den faserigen Bau der Linse bis in tiefere Schichten, in denen keine andere Präparation mehr zu exacten Resultaten führt, ja selbst bis nahezu zum Mittelpunkte zu verfolgen«, — allein THOMAS selbst (a. a. O. S. 22) vermuthet, dass man »zur Erklärung des vorliegenden Phänomens noch über die Faser hinaus zu feineren Formelementen der Linse seine Zuflucht werde nehmen müssen«, während KÖLLIKER[2] es gar für wahrscheinlicher hält, »dass das ganze Phänomen vom anatomischen Standpunkte aus nicht zu deuten sei«.

Bei dieser Meinungsverschiedenheit wird der von mir beabsichtigte Beweis für den directen Zusammenhang der THOMAS'schen Zeichnungen mit der Faserung der Linse wohl nicht unwillkommen sein!

Ich liefere denselben durch eine von Keinem der genannten Autoren hervorgehobene oder gemachte einfache Beobachtung, welche ich an allen den schönen Linsenschliffen, die mir Dr. THOMAS vor etwa drei Jahren, bei seinem Aufenthalte in Prag, in grosser Menge zu verehren die Freundlichkeit hatte, bestätigt gefunden habe. Diese Beobachtung besteht nun darin, dass als die eigentliche und einzige Ursache der THOMAS'schen Curven, die durch die Schliffebene in verschiedener Richtung und Ausdehnung theils durchschnittenen, theils blossgelegten Linsenfasern deutlich zu erkennen sind. Ein Blick auf Fig. 1 (Taf. 10), welche die THOMAS'schen Curvensysteme, wie sie sich unter einer etwa 350maligen Vergrösserung, auf jedem halbwegs genau senkrecht auf die Aequatorebene einer Dorschlinse (parallel zur Sehaxe) geführten Schliffe darstellen, möglichst naturgetreu wiedergiebt, wird wohl Jeden von der Richtigkeit meiner Beobachtung überzeugen, da die einzelnen Linsenfasern mit ihren gezackten Rändern ebenso

[1] Sitzungsber. der Wiener Akad. Bd. VI. S. 286.
[2] Mikroskop. Anatomie. Bd. II, 2. Abtheil., S. 713.

wenig zu verkennen sind, als ihr Antheil an der Erzeugung der THOMAS'schen Curvensysteme. THOMAS hat seine Abbildungen bei viel zu geringen oder unklaren Vergrösserungen aufgenommen, so dass sie nicht mehr als zarte concentrische Linien, welche eben nur der Totaleindruck des von mir gezeichneten Details sind, wiedergeben konnten und aus diesem Grunde zweifelhaft lassen mussten, welchen Verhältnissen jene Linien ihren Ursprung verdanken mögen. Nachdem ich hiermit das Verhalten der bekannten elementaren Formbestandtheile der Linse auf den Schnittebenen als die alleinige und eigentliche Veranlassung zur Entstehung der THOMAS'schen Curvensysteme erkannt und nachgewiesen habe, so steht es auch ein für allemal fest, dass diese letzteren der prägnante Ausdruck der Linsenfaserung sein und als das exacteste (in Bezug auf den Linsenkern, einzige) Mittel zur Erforschung derselben angesehen werden müssen.

Ich kann diese Mittheilung, deren eigentlicher Zweck im Grunde schon erreicht ist, unmöglich schliessen, ohne dieselbe noch durch die Aufklärung eines Verhältnisses gewissermaassen zu vervollständigen, welches auf den ersten Blick in der That so paradox erscheint, dass es begreiflich wird, wie dasselbe sowohl von THOMAS als von KÖLLIKER für absolut unvereinbar mit der bisherigen Ansicht über die Structur der Linse erklärt werden konnte, indem es bekanntlich dem Erstern die Vermuthung aufdrängte, dass es nöthig sein werde, »über die Faser hinaus zu feineren Formelementen der Linse seine Zuflucht« zu nehmen, dem Letzteren aber die Deutung des ganzen Phänomens »vom anatomischen Standpunkt aus« überhaupt unmöglich erscheinen liess. Ich meine das von THOMAS entdeckte Vorhandensein mehr als Eines, nämlich zweier, dreier, ja selbst noch mehrerer sich interferirender, concentrischer Curvensysteme, auf einem ebenen Linsenschliffe.

THOMAS hebt das Paradoxe dieses Verhältnisses richtig und scharf hervor, wenn er hierüber sagt (a. a. O. S. 21—22): »es scheine wenigstens einigermaassen bedenklich zu sein, nach einer leichten Anknüpfungsweise des vorliegenden Phänomens an die schon lange bekannte Zusammensetzung der Linse aus genau concentrischen und für die Fischlinse auch hinreichend genau sphärischen Lamellen zu suchen. Es müsste denn sein, dass man es für erlaubt erachtete, der Natur die Lösung einer Frage aufzubürden, deren Aufstellung wenigstens die elementare Mathematik verbietet; die Frage nämlich, wie ein System genau sphärischer und concentrischer Lamellen beschaffen gedacht werden müsse, um von einem und demselben ebenen Schnitte doch an mehr als einer Stelle tangirt werden zu können. Ebenso unzulässig

erscheint es«, fährt THOMAS fort, »in der Wirbelung der Linsenfasern und der damit verbundenen, doppelten Krümmung derselben auf den concentrischen Lamellen einen allgemeinen Erklärungsgrund dieser Erscheinung zu suchen, denn bei der Linse des Dorsches ist weder von einer Wirbelung, noch von einem Verlauf der Fasern in doppelter Krümmung die Rede«.

Da BRÜCKE, welcher, der Einzige, das Wesen und die Bedeutung der THOMAS'schen Untersuchungen richtig erkannt und gewürdigt hat — ohne freilich seine einfach hingestellte Ansicht irgendwie zu begründen, auch über dieses in mehrfacher Hinsicht interessante Problem nicht näher sich ausspricht, so glaube ich nichts Ueberflüssiges zu thun, wenn ich, wie gesagt, gewissermaassen als Ergänzung meiner obigen Mittheilung, die Lösung desselben hier anschliesse.

Zuvor bemerke ich nur noch, dass ich der folgenden Betrachtung die Dorschlinse zu Grunde lege, indem für dieselbe, wie THOMAS richtig hervorhebt, wegen ihres einfachen Baues — (die Fasern verlaufen in den concentrischen und sphärischen Lamellen bekanntlich von Pol zu Pol, wie die Meridiane am Globus) — das scheinbar Paradoxe im Verhalten der concentrischen Curvensysteme am meisten imponirt und für complicirter gefaserte Linsen von selbst hinwegfällt, wenn es für die Dorschlinse gehoben ist.

Denken wir uns für einen Augenblick, dass die concentrischen und sphärischen Lamellen der Dorschlinse nicht aus sehr regelmässig angeordneten Fasern zusammengesetzt wären, sondern aus einer völlig structurlosen Substanz beständen, so erkennen wir sofort, dass auf einer ebenen Schnittfläche der Dorschlinse nur ein einziges System von continuirlichen concentrischen Kreislinien, als Ausdruck des lamellösen Baues erscheinen könnte und müsste. Kommen daher auf den Schliffen wirklicher Dorschlinsen mehrere concentrische Curvensysteme zum Vorschein, so können dieselben offenbar nur dem Umstande ihren Ursprung verdanken, dass die Lamellen der Linse eben nicht aus einer structurlosen Substanz bestehen, sondern dass sie aus regelmässig an einander gereihten Fasern zusammengesetzt sind. Es folgt hieraus mit Nothwendigkeit, dass jene überzähligen paradoxen Curvensysteme als der Ausdruck der Anordnung und des Verlaufes der Linsenfasern anzusehen sind, nicht aber als einfache Folge der concentrischen Schichtung und der lamellösen Structur der Linse, welcher in der That nur Eines dieser Systeme direct entsprechen kann.

Hiermit ist nun schon der scheinbare Widerspruch, das eigentlich Paradoxe des ganzen Problems, an welchem THOMAS gescheitert ist,

glücklich beseitigt, denn wenn wir auch in Folge der eben angestellten Ueberlegung, noch nicht die Möglichkeit der Entstehung der mehrfachen Curvensysteme aus der bekannten Faserung der Dorschlinse begreifen — das Problem demnach noch nicht als gelöst betrachten können; so ist doch wenigstens so viel gewonnen, dass wir bei einem Erklärungsversuche nicht mehr gleich von vorn herein auf eine Absurdität stossen, welche jede Hoffnung auf das Gelingen desselben geradezu unsinnig erscheinen lässt.

Die Frage, welche wir jetzt uns stellen werden, ist nämlich nicht die: wie ein System von genau sphärischen und concentrischen Lamellen beschaffen gedacht werden müsse, um von einem und demselben ebenen Schnitte an mehr als einer Stelle tangirt werden zu können?! — sondern die: ob concentrisch in der Richtung der Meridiane verlaufende, und in Folge dieser Anordnung eine Kugel zusammensetzende Fasern gegen eine senkrecht auf die Aequatorebene, parallel zur Axe dieser Kugel geführte plane Schnittfläche so gestellt sind, dass ihre auf dieser Fläche zum Vorschein kommenden Durchschnitte und Entblössungen in mehrfachen, sich interferirenden, concentrischen Curvensystemen angeordnet erscheinen müssen?

Zur Beantwortung dieser Frage reicht das gewöhnliche Maass von Imagination nicht aus und lässt sich dieselbe verständlich und exact zugleich, nur mit Hülfe geometrischer Constructionen geben; — obschon wir, nach meiner oben mitgetheilten Beobachtung über die nächste Ursache der Entstehung der THOMAS'schen Curven, a priori sicher sein können, in welchem Sinne die Beantwortung ausfallen werde.

Ehe ich zur constructiven Beantwortung der Frage übergehe, halte ich es für gut, die Bemerkung einzuschalten, dass man der Dorschlinse wohl einen concentrisch geschichteten Bau, streng genommen aber keine lamellöse Structur zuschreiben dürfe, weil die sogenannten Lamellen eigentlich nur Kunstproducte und nicht natürliche secundäre Elementargebilde sind. Die Fasern der Dorschlinse haben nämlich einen in die Breite gezogenen sechseckigen Querschnitt und sind demgemäss so neben und auf einander geordnet (vgl. Fig. 2), dass die in gleicher Entfernung vom Mittelpunkte der Linse gelegenen Fasern (wie *a* u. *b*, *c* u. *d*, Fig. 2) sich gar nicht berühren — und daher auch keine zusammenhängenden Lamellen, welche die Gestalt von Kugelschalen hätten, bilden können.

Will man hier dennoch von Lamellen sprechen, so darf man nicht

vergessen, dass die Fasern, welche zu einer Lamelle gehören, d. h. in einer und derselben Kugelschale liegen, kein Continuum bilden, sondern durch regelmässige Spalten aus einander gehalten werden, deren Breite der langen Seite des sechseckigen Querschnittes der Fasern entspricht, vergl. Fig. 2.

Ich erwähne dies, weil es sich hieraus erklärt, warum auf den Linsenschliffen das den Lamellen direct entsprechende Curvensystem aus regelmässig unterbrochenen Linien besteht, und warum die Unterbrechungen zweier auf einander folgenden Curven dieses Systems so zu sagen alterniren (vergl. Fig. 1). Auf die Construction jener geometrischen Zeichnungen zurückkommend, welche unserer ungeübten Imagination bei der Beantwortung der oben aufgestellten Frage zu Hülfe kommen müssen, bemerke ich, dass ich dabei weder auf die eben erwähnte Beschaffenheit der Lamellen, noch auf den sechseckigen Querschnitt der Fasern, welcher vielmehr als viereckig angenommen wurde, Rücksicht genommen habe — um nämlich die Verhältnisse durch keine unwesentlichen Bedingungen zu compliciren. Die nach den gewöhnlichen Regeln gezeichnete Construction Fig. 3 *A*, *B*, *C* ist durch sich selbst klar und bedarf keiner weitern Erläuterung. Nur bezüglich der schachbretartigen Schattirung will ich anmerken, dass sie lediglich deshalb angebracht wurde, damit die Anordnung der Faserdurchschnitte und -entblössungen in mehrfachen concentrischen Curvensystemen deutlicher hervortreten möge.

Ist es mir schon oben gelungen, dem THOMAS'schen Paradoxon die Spitze abzubrechen, so habe ich doch erst durch die eben besprochene Construction, das Problem der THOMAS'schen Curvensysteme, auf eine allgemein giltige Weise gelöst. Es liegt nicht in meiner Absicht und würde mich zu weit führen, auf dem betretenen Wege ins Specielle einzugehen. Dies überlasse ich Jenen, welche sich die Faserung der Linse zum Gegenstande einer eingehenden Untersuchung erwählen werden, und erlaube mir nur noch schliesslich nochmals daran zu erinnern, dass sich Dr. C. THOMAS in Königsberg, wenn es ihm selbst auch nicht vergönnt war, über seine Entdeckung zur Klarheit zu kommen und seinen Untersuchungen, welche ich schon früher in einem Punkte aufzuklären Gelegenheit hatte (siehe Prager Vierteljahrschr. Bd. 44, S. 176)[1], einen solchen Grad von Vollendung zu

[1] Ich erlaube mir hier meine a. a. O. über die Saugplatte des Rüssels der Stubenfliege, deren Abdrücke, wie ich zeigte, von THOMAS als eigenthümliche »schildförmige Körper« an einigen Dorschlinsen beschrieben wurden, gemachten Angaben nachträglich zu erweitern und in einem Punkte zu berichtigen.

Das von mir beschriebene System von aufgeschlitzten, tracheenartigen Röhren

geben, um ihnen eine wissenschaftliche Geltung zu verschaffen, — doch ohne Frage durch seine neue Präparationsmethode und die hierdurch ermöglichte Entdeckung der concentrischen Curvensysteme ein bleibendes Verdienst um die Histologie der Krystalllinse erworben habe.

der Saugplatte ist, was ich übrigens bereits früher vermuthet hatte, und nun mit Sicherheit aussprechen kann, in der That kein Abschnitt des Tracheensystems der Fliege, sondern steht vielleicht mit dem unpaaren Ausführungsgange der Speicheldrüsen, welcher merkwürdiger Weise Tracheenstructur besitzt, in Beziehung, was ich jedoch nicht bestimmt behaupten kann.

Das tracheenartige Ansehen der geschlitzten Röhren rührt nicht, wie ich früher glaubte, von einem platten, im Zickzack gebogenen hornigen Faden her, sondern von vielen einzelnen, quergestellten hornigen Stäbchen, welche die Form einer kleinen Gabel mit zwei kurzen gebogenen Zinken und einem langen, dünnen Stiel besitzen, und so geordnet sind, dass die Zinken des 1., 3., 5., 7. ... Stäbchens und das einfache Stielende des 2., 4., 6., 8. ... Stäbchens den einen, dagegen die Zinken des 2., 4., 6., 8. ... und das einfache Stielende des 1., 3., 5., 7. ... Stäbchens den andern Rand der aufgeschlitzten Röhre bilden helfen, indem die Stellung der unmittelbar benachbarten Stäbchen eine entgegengesetzte ist und ihre gleichnamigen Enden abwechselnd nach der einen und nach der andern Seite gerichtet sind.

Prag, den 12. Januar 1855.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 10.

Fig. 1 stellt die drei concentrischen Hauptcurvensysteme, welche gewöhnlich auf einem parallel mit der Sehaxe, senkrecht auf die Aequatorebene geführten Schliffe einer Dorschlinse erscheinen, bei einer etwa 350maligen Vergrösserung dar. Man erkennt deutlich, dass sich die Curven aus den Contouren der Schnittenden der einzelnen Linsenfasern zusammensetzen. Dort, wo die Fasern in grösserer Ausdehnung auf dem Schliffe erscheinen, ist ihre seitliche Zähnelung zu sehen und lässt keinen Zweifel über die directe Beziehung der Faserung der Linse zu den Thomas'schen Curvensystemen. Beiläufig erlaube ich mir hier noch auf einen, im Texte nicht erwähnten Umstand aufmerksam zu machen, welcher insofern von grosser Bedeutung ist und eine genauere Erörterung verdient, als er den gewöhnlichen histologischen Charakter der Curvensysteme wesentlich bedingt.

Je nach ihrer topologischen Beziehung zur Schnittebene werden die Linsenfasern nämlich theils gänzlich durchschnitten, theils in grösserer oder geringerer Ausdehnung angeschnitten, theils endlich nur entblösst. Da nun aber die Fasern meist sehr dünn, d. h. bedeutend bandförmig abgeplattet sind und einen gewissen Grad von Sprödigkeit besitzen, so bröckeln die dünnsten und dünneren Stellen ihrer Durchschnitte und Anschnitte, beim Schneiden und Poliren der Linsen, häufig ganz heraus, — und es entstehen dann statt der reinen Schnittenden Furchen und Vertiefungen, welche letzteren den Contouren der ersteren niemals ganz vollständig entsprechend begrenzt sind. Diese auf die angegebene Weise motivirten Furchen und Grübchen, welche die auf den Schliffen erscheinende Figur der Faserdurchschnitte im Ganzen und im Einzelnen oft nicht unwesentlich verändern, zeichnen sich, wie bekanntlich alle ähnlichen mikroskopischen Unebenheiten der Oberfläche, durch einen eigenthümlichen Lichtschimmer aus, welchen ich in der Zeichnung durch eine zarte Schattirung wieder zu geben versucht habe. Es versteht sich von selbst, dass die erörterte Erscheinung weder auf allen Linsenschliffen, noch auf allen Punkten eines Schliffes in gleicher Ausdehnung zu beobachten ist. Die Richtung der Schnittfläche, die Dimensionen der Fasern, der grössere und geringere Grad der Sprödigkeit ihrer Substanz und endlich die mehr oder weniger sorgfältige und geschickte Präparation kommen hierbei wesentlich in Betracht. — Diese Andeutungen werden künftigen Beobachtern von Nutzen sein!

Zur weitern Orientirung erwähne ich noch, dass die optische Axe der Linie *A B*, die projicirte Aequatorebene aber der Linie *C D* entspricht.

Fig. 2 stellt ein Stück eines senkrecht auf den Verlauf der Linsenfasern geführten Schnittes dar.

Fig. 3 liefert den constructiven Beweis, dass die Durchschnitte und Entblössungen concentrisch in der Richtung der Meridiane verlaufender und in Folge dieser Anordnung eine Kugel zusammensetzender Fasern von viereckigem Querschnitt, auf einer senkrecht auf die Aequatorebene, parallel zur Axe der Kugel geführten planen Schnittfläche in mehrfachen, sich interferirenden, concentrischen Curvensystemen angeordnet erscheinen müssen. Fig. *A* zeichnet, nach den gemachten Voraussetzungen, das Verhalten der Fasern auf einer durch die beiden Pole der Kugel geführten Durchschnittsebene, während Fig. *B* das Verhalten der Fasern auf der mit der Aequatorebene zusammenfallenden Schnittfläche giebt. Die Linie *ab* ist in beiden Figuren, *A* u. *B*, die Projection jener senkrecht auf den Aequator und parallel mit der Sehaxe geführten Durchschnittsebene, für welche die, auf derselben nothwendig erscheinende Form und Anordnung der Faserdurchschnitte construirt werden soll.

Die nach bekannten Regeln, durch Combination von *A* u. *B*, ausgeführte Construction ist nun Fig. *C*, deren schachbretartige Schattirung bestimmt ist, die Anordnung der Faserschnitte deutlicher sichtbar zu machen. Man wird dabei bemerken, dass die beiden seitlichen Curvensysteme, welche übrigens vollkommen congruent sind, eine durchaus entgegengesetzte Schattirung zeigen. Dies rührt daher, dass die in dem innersten Kreise des mittlern concentrischen Systems entblössten Fasern in gerader Zahl vorhanden sind. Der Mittelpunkt der Construction ist zufällig zwischen zwei Fasern, statt in die Halbirungslinie einer Faser gefallen.

XVI.

Ueber das Wesen und die Entstehung der von Dr. Thomas an getrockneten Dorschlinsen beobachteten schildförmigen Körper.

[Prager Vierteljahrschrift 1855. Bd. XLIV. S. 176.]

Dr. C. Thomas aus Königsberg schloss bekanntlich seine interessanten »Beiträge zur Kenntniss der Structur der Krystalllinse in den Augen der Wirbelthiere« (Prager Vierteljschr. Bd. XLI) mit der beiläufigen Beschreibung eigenthümlicher schildförmiger Körper, welche er an etwa 10, mit etwas Glaskörper bedeckten, im Sonnenlichte schnell getrockneten Dorschlinsen in verschiedener Anzahl »auf oder vielmehr in der Oberfläche« derselben entdeckt hatte. Diese räthselhaften Körper waren von verschwindender Dicke, einer Länge von 0,3 und einer Breite von 0,2 Linien, und zeigten eine überaus zierliche, regelmässige Zeichnung, welche ähnlich einer an der Spitze gespaltenen Federfahne aus einer Doppelreihe doppelt gezahnter Fasern bestand (vergl. a. a. O. Taf. IV. Fig. 1). Bei stärkerer Vergrösserung zeigten sich die Zwischenräume zwischen den einzelnen Fasern auch noch mit dicht an einander gereihten Zahnreihen besetzt. »Da in einigen Fällen drei, selbst vier dieser schildförmigen Körper über einander lagen, so konnten sie keinem oberflächlichen Trocknungsprocess ihren Ursprung verdanken, und da sie auf 9 von den 10 darauf untersuchten Linsen sich befanden, so konnten sie eben so wenig für die Resultate eines pathologischen Processes gelten. Eine regelmässige Vertheilung dieser Körper auf den Oberflächen der Linsen war nicht vorhanden. Bei einer dieser Linsen war eine grössere Quantität des Glaskörpers zu einer wellenförmig gerunzelten Schicht aufgetrocknet. In den so gebildeten Runzeln konnten einzelne dieser Körper deutlich verfolgt werden; noch interessanter aber war es, dass

diese ganze aufgetrocknete Masse deutlich eine feingegliederte faserige Structur zeigte, gleichsam als wäre sie nur aus nicht mehr zu sondernden Fasern dieses Gebildes entstanden«. THOMAS hat diese Gebilde nicht wieder an anderen getrockneten Linsen aufgefunden. Von der Richtigkeit seiner Angaben habe ich mich im Allgemeinen an mehreren, mir von ihm geschickten getrockneten Dorschlinsen überzeugt, ohne jedoch die Erkenntniss des Gegenstandes wesentlich zu fördern. Vor Kurzem erst bin ich zufällig darauf gekommen, was diese räthselhaften Körper eigentlich sind, und wie sie entstehen. Ich beeile mich meinen Fund zu veröffentlichen, nicht nur um die Frage über die THOMAS'schen Körper zu erledigen, sondern auch um auf eine neue Art von Gebilden aufmerksam zu machen, welche noch an manchen anderen Orten (z. B. im Bernstein?) vorkommen, und leicht Veranlassung zu Missdeutungen geben können.

Schon THOMAS selbst hat es, als besonnener Beobachter, nicht gewagt, die schildförmigen Körper »direct mit der Oeconomie des Auges« in Verbindung zu setzen. Es wird sich alsbald zeigen, wie sehr er Recht hatte, so vorsichtig zu Werke zu gehen. Er hat seine unzweifelhaft neue und auffallende Beobachtung einfach und anspruchslos mitgetheilt, ohne eine Deutung zu versuchen, und verdient daher eine rücksichtsvolle Kritik. Die Aehnlichkeit der doppeltgezahnten Fasern der schildförmigen Körper mit den eigentlichen Fasern der Dorschlinse entschuldigt Hrn. THOMAS übrigens vollkommen, wenn er der ganzen Sache mehr Wichtigkeit zugeschrieben und mehr Aufmerksamkeit zugewendet hat, als sie, nach der überraschenden Aufklärung, welche ich sogleich geben werde, hat und verdient.

Die von THOMAS beschriebenen und abgebildeten schildförmigen Körper sind nämlich gar nichts Anderes, als mehr oder weniger vollständige Abdrücke der Saugplatte des Rüssels der gemeinen Stubenfliege (*Musca domestica L.*), und kamen dadurch zu Stande, dass die Fliegen, welche sich in THOMAS' Stube während der Trocknung der zehn Dorschlinsen befanden, von der eingedickten klebrigen Substanz des auftrocknenden Glaskörpers naschten. Die aufmerksame vergleichende Untersuchung der untern Fläche der Saugplatte des Fliegenrüssels und der Zeichnung der THOMAS'schen Körper lässt wohl kaum einen Zweifel aufkommen über die angegebene Beziehung, in welcher diese Gebilde zu einander stehen. Der ähnlich einer Federfahne angeordneten Doppelreihe von doppeltgezahnten (scheinbaren) Fasern (eigentlich Furchen) der schildförmigen Körper entspricht eine eben so angeordnete Summe von Röhren der Saugplatte, welche auf der untern Fläche derselben convex

vorspringen. Diese Röhren erinnern sehr an gewisse Formen der Spiralgefässe der Pflanzen, und man ist im ersten Moment geneigt, dieselben für eine Abtheilung des Tracheensystems der Fliege zu halten; allein bei näherem Zusehen kommen Einem wieder andere Gedanken über die Bedeutung dieser Röhren, indem man alsdann leicht erkennt, dass sie sämmtlich der Länge nach gespalten und eigentlich nur röhrenförmig geschlossene Halbkanäle sind. Durch Druck auf das Deckglas kann man nämlich diese vermeintlichen Röhren unter dem Mikroskope öffnen und zu bandförmigen Streifen ausbreiten. Lässt man mit dem Drucke nach, so heben sich die freien, regelmässig gezackten Ränder des bandförmigen Streifens, und derselbe verwandelt sich zuerst in einen Halbkanal und endlich wieder in eine Röhre, indem die alternirend gestellten Zacken der sich nähernden freien Ränder genau in einander schliessen. Die Röhren besitzen selbstverständlich in ihren Wandungen keinen Spiralfaden, wie die Tracheen, sondern einen im Zickzack gebogenen, bandförmig abgeplatteten Faden, dessen Umbiegungsstellen die alternirend in einander schliessenden Zacken der freien Ränder der zur Röhre zusammengerollten Streifen bilden. Aus dieser Beschaffenheit der Röhren, welche im Abdruck die doppeltgezahnten Fasern auf den Thomas'schen Körpern darstellen, lässt es sich leicht erklären, wie es kommt, dass die Zahnreihen der vordersten Fasern der schildförmigen Körper, nicht immer wie die der hinteren Fasern unter spitzem Winkel sich vereinigen, sondern manchmal auseinander weichen, und mit je einer Zahnreihe der beiden nächsten Fasern zusammenlaufen, so dass die Zwischenräume zwischen den vordersten Fasern von einer vollständigen Zahnreihe begrenzt erscheinen (vgl. a. a. O. Taf. IV, Fig. 1). Die Haut, welche zwischen den Röhren ausgespannt ist, besitzt zahlreiche kleine, regelmässig geordnete Erhabenheiten, welche fast an Epithelialzellen erinnern, und auf dem Abdruck jene kleinen Grübchen erzeugen, welche von Thomas in den Zwischenräumen zwischen den doppeltgezahnten Fasern als Reihen kleiner Zähnchen beschrieben wurden. Welche Bedeutung das aufgeschlitzte Röhrensystem der Saugplatte hat, ist mir nicht klar geworden, da ich diesen Gegenstand nicht weiter verfolgt habe. Für den vorliegenden Zweck genügen meine Andeutungen über die Beschaffenheit der untern Fläche der Saugplatte vollkommen. Um übrigens ganz sicher zu gehen, habe ich versucht die Saugplatte des Fliegenrüssels künstlich abzudrucken. Nach mehreren misslungenen Versuchen, welche namentlich an der Beschaffenheit der zur Aufnahme des Abdruckes gewählten Stoffe scheiterten, gelang es mir endlich die Thomas'schen Körper in beliebiger Anzahl, in Siegellack, in Hausenblase,

in eingedickten Obstsäften u. s. w. hervorzubringen. Ich gebrauche dabei den Fliegenrüssel einfach wie ein Petschaft. Hiernach kann nun kein Zweifel mehr obwalten über die Richtigkeit meiner Deutung, welche überdies zur Erklärung sämmtlicher von THOMAS beobachteten Erscheinungen völlig ausreicht. Dieser Umstand muss übrigens zugleich als eine Ehrenrettung für Hrn. THOMAS angesehen werden, indem sich seine Angaben, als auf genauen Beobachtungen beruhend, erweisen. Man begreift nämlich, nach der von mir gegebenen Aufklärung, was THOMAS eigentlich gemeint, und wie richtig er beobachtet hat, wenn er sagt: »die schildförmigen Körper lägen auf oder vielmehr in der Oberfläche der Linsen, und hätten eine verschwindende Dicke«. Ferner erklärt es sich nun von selbst wie es kommen konnte, dass in einigen Fällen »3 bis 4 solcher schildförmigen Körper über einander lagen, und warum eine regelmässige Vertheilung derselben auf den Oberflächen der Linsen nicht vorhanden wäre«. Ferner versteht man, wie die an einer Linse in grösserer Menge aufgetrocknete Substanz des Glaskörpers »eine feingegliederte faserige Structur, gleichsam als wäre sie nur aus nicht mehr zu sondernden Fasern der schildförmigen Körper entstanden«, zeigen konnte.

Ich schliesse diese Mittheilung in der festen Ueberzeugung, dass es einem Sachverständigen wohl eben so wenig in den Sinn kommen wird, meiner Deutung der THOMAS'schen Körper zu misstrauen, als Hrn. Dr. C. THOMAS, als Forscher und Beobachter, etwa geringer zu schätzen, weil er nicht auch wie ich, zufällig einen Fliegenrüssel vor der Veröffentlichung seiner Beobachtungen untersucht hatte.

XVII.

Ueber die Accommodationslinien
(sammt Zusatz).

[Wiener akadem. Sitzungsberichte 1854 u. 1855 (Physiologische Studien).]

(Hierzu Fig. 1 u. 2 auf Tafel 11).

[Mit dieser Nummer beginnt die Wiedergabe einer grösseren Reihe von Abhandlungen aus dem Gebiete der Sinnesphysiologie, welche von J. N. Czermak in drei Heften unter dem Titel »Physiologische Studien« in den Bänden XII, XV und XVII (Jahrgänge 54 und 55) der Wiener Sitzungsberichte veröffentlicht wurden. Die chronologische Reihenfolge der Abhandlungen wurde zu Gunsten des Zusammenhanges in diesem Abdruck einigermaassen verändert, so sind vor Allem die in dem zweiten Hefte enthaltenen Zusätze zu den Abhandlungen des ersten Heftes hier den einzelnen Abhandlungen selbst unmittelbar angefügt.]

Von den Accommodationslinien[1].

Mit der Zunahme der Entfernung eines leuchtenden Punktes von einer Collectiv-Linse oder einer solchen Linsen-Combination, nimmt die Grösse der Vereinigungsweite der von ihm ausgehenden Strahlen ab, und umgekehrt.

Jene Zunahme und diese Abnahme geschehen aber nicht in gleichem Verhältnisse, sondern es nehmen, lässt man den leuchtenden Punkt sich stetig bis ins Unendliche von der Linse entfernen, die Vereini-

[1] Ueber diesen Gegenstand habe ich schon im Jahre 1850 in den »Verhandlungen der Würzburger med.-physikalischen Gesellschaft« Bd. I, S. 184, eine kurze Mittheilung veröffentlicht. Wenn ich hier noch einmal und ausführlicher darauf zurückkomme, so geschieht dies, weil meine erste Notiz fast ganz unberücksichtigt geblieben, und weil ich bei der vorliegenden Umarbeitung manche Verbesserung und Vermehrung anbringen konnte.

gungsweiten der Strahlen anfangs schneller ab als später, wenn der leuchtende Punkt schon weiter entfernt ist, so, dass die Differenz der Vereinigungsweiten der Lichtstrahlen zweier in constanter Entfernung hinter einander gelegenen Punkte, eine verschiedene ist, je nachdem die beiden Punkte nahe oder entfernt sind.

Die Differenz der Vereinigungsweiten ist um so grösser, je weniger, um so kleiner, je mehr die leuchtenden Punkte von dem dioptrischen Apparat entfernt sind. Es versteht sich ferner von selbst, dass die Differenz der Vereinigungsweiten auch mit der Entfernung der leuchtenden Punkte von einander wächst, und abnimmt, wenn die Punkte näher an einander rücken.

Diese Gesetze kann man leicht mit Hülfe der Gleichung für die Linse durch Rechnung finden, und auch experimentell nachweisen. Ich lasse die Berechnung folgen.

Die bekannte elementare Gleichung für die Linse ist: $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}$. Hiernach haben wir die Differenz der Vereinigungsweiten $(\alpha - \alpha^1)$, der Lichtstrahlen zweier leuchtenden Punkte — deren constante Entfernung von einander $= n$ sei, für zwei Fälle zu berechnen.

Erstens für den Fall, wenn der nähere der beiden Punkte um a von der Linse entfernt ist, und

zweitens, wenn der Abstand a auf $m\,a$ gewachsen ist.

Im ersteren Falle ist die Vereinigungsweite der Strahlen des näheren Punktes $\alpha = \frac{a p}{a - p}$, des entfernteren Punktes aber $\alpha^1 = \frac{p\,(a + n)}{a + n - p}$ also die Differenz der Vereinigungsweiten $\alpha - \alpha^1 = \frac{a p}{a - p} - \frac{p\,(a + n)}{a + n - p}$ $= \frac{n p^2}{(a - p)\,(a + n - p)}$. Wenn man nun, während die relative Distanz n der Objecte unverändert bleibt, die Entfernung a zunehmen lässt, so nehmen die beiden Factoren des Nenners zu, der Bruch wird somit kleiner. Für den zweiten Fall wird also die Differenz kleiner, was zu beweisen war.

Wenn a schon so gross ist, dass n und p dagegen vernachlässigt werden können, dann nimmt die Differenz der Vereinigungsweiten $\alpha - \alpha^1$ nahezu im quadratischen Verhältnisse der Entfernung a ab.

Das zweite oben angeführte Gesetz ist hiermit eigentlich schon bestätiget, da durch das Wachsen von n der Zähler des Bruches im Verhältnisse zum Nenner mehr zunimmt, und der Bruch grösser wird, welcher die Differenz der Vereinigungsweiten bedeutet. Auch hier ergeben sich zwei Fälle.

Ein Mal sind die leuchtenden Punkte um n von einander entfernt, das zweite Mal um sn, während der der Linse näher gelegene Punkt seine Entfernung a von derselben unverrückt beibehält. Setzen wir die Differenz der Vereinigungsweiten im ersten Falle $= D$, im zweiten $= d$, so ist offenbar $d > D$; indem von derselben Grösse $\frac{ap}{a-p}$ erst eine grössere, dann eine kleinere Grösse subtrahirt wurde. —

Die erörterten Gesetze haben auch für den lichtbrechenden Apparat unseres Auges Geltung, und es ergeben sich hieraus wichtige Folgerungen für die Lehre von dem Accommodationsvermögen.

Die Differenz der Vereinigungsweiten von Lichtstrahlen, welche von verschieden weit entfernten Punkten herkommen, bedingt das Entstehen und *caeteris paribus* die Grösse der Zerstreuungskreise und somit auch den Grad der dioptrischen Undeutlichkeit der Bilder, indem nur jene Strahlen in einem Punkte auf der Fläche der Retina sich vereinigen, die von einem Punkte des Objectes, das sich in der deutlichen Sehweite befindet, ausgehen, während die Vereinigungspunkte aller übrigen Strahlen, die von näheren oder ferneren Gegenständen kommen, entweder vor oder hinter der Retina liegen, und daher diese um so zerstreuter auf die Retina fallen müssen, je weiter die Vereinigungspunkte in dieser oder in jener Richtung von der Netzhaut entfernt sind.

Bestünden nun die inneren Veränderungen des Auges, welche die verschiedenen Accommodationszustände bedingen, in einer blossen Vergrösserung und Verkleinerung des Abstandes zwischen der hinteren Fläche der Linse und der Retina, so würden offenbar die Unterschiede der Vereinigungsweiten der Lichtstrahlen, welche von verschieden weit entfernten Gegenständen kommen, beim Sehen in der Nähe viel bedeutender, als beim Sehen in der Ferne ausfallen müssen.

Da wir aber jetzt durch die schönen Untersuchungen von Cramer[1]) in Groningen und Helmholtz[2]) in Königsberg mit Sicherheit wissen, dass die Veränderung des Accommodationszustandes durch die Veränderung des Krümmungshalbmessers der vorderen Fläche der Linse hervorgebracht wird, so können wir obige Folgerung für das Sehen in der Nähe und in der Ferne nicht sofort acceptiren.

Für jedweden Accommodationszustand haben die erörterten Gesetze der Vereinigungsweiten freilich dieselbe Geltung, vergleichen

[1] Het Accommodatievermogen der Oogen, physiologisch toegelicht door A. Cramer. Te Haarlem 1853.

[2] Monatsbericht der Berliner Akademie. 1853, Februar, S. 137.

wir jedoch die Verhältnisse der Vereinigungsweiten bei zwei verschiedenen Accommodationszuständen des Auges, so werden wir *caeteris paribus* verschiedene absolute und relative Zahlenwerthe finden. Denn da durch das Convexerwerden der vorderen Fläche der Linse beim Accommodiren für die Nähe der lichtbrechende Apparat des Auges eine kürzere Brennweite bekommt, so werden sämmtliche Vereinigungsweiten der Lichtstrahlen, welche von näheren und ferneren Objecten kommen, und die Unterschiede derselben, in einem gewissen Verhältnisse, geringer ausfallen müssen.

Es wäre unter solchen Umständen sogar der Fall denkbar, dass durch das Accommodiren für die Nähe, in Folge der Verkleinerung der Brennweite, die Vereinigungsweiten derart verkürzt würden, dass die von näheren Gegenständen kommenden Lichtstrahlen in Entfernungen vereinigt würden, deren Differenzen absolut geringer ausfielen, als die Unterschiede der Vereinigungsweiten von Lichtstrahlen, welche von entfernteren Objecten kommen, wenn das Auge durch Abplattung der vorderen Linsenfläche und Vergrösserung der Brennweite für die Ferne accommodirt ist. Fände dieser extreme Fall für das Auge statt, so würde das deutliche Sehen in der Nähe geringere Veränderungen nothwendig machen, als das Sehen in der Ferne. Da aber nach Listing's[1]) Berechnung das ganze Accommodations-Intervall, bei Augen von grösstem Anpassungsumfang, auf 3—4 mm anzunehmen ist, so kann der Unterschied der Brennweiten, welche den Accommodationszuständen für die Nähe und für die Ferne entsprechen, nicht in dem Grade bedeutend sein, um jenen extremen Fall für das Auge möglich zu machen.

Demnach ist es uns, trotz des neu entdeckten Adaptionselementes, doch erlaubt, die oben erörterten Gesetze der Vereinigungsweiten und die Folgerungen aus denselben im Allgemeinen auf das Auge anzuwenden, was im Folgenden geschehen soll. Bevor ich weiter fortfahre, muss ich jedoch der Feinheit des Raumsinnes des lichtempfindenden Theiles des Auges gedenken, denn dieses subjective Moment spielt in der Lehre vom deutlichen Sehen in verschiedenen Entfernungen und vom Accommodationsvermögen eine wichtige Rolle, auf welche ich a. a. O. bereits ausdrücklich aufmerksam gemacht habe.

Ich habe darauf hingewiesen, dass sich die Nothwendigkeit eines Adaptionsvermögens gar nicht einsehen und beweisen lässt, wenn man nicht neben den rein optischen Betrachtungen, auch der Schärfe der räumlichen Wahrnehmung auf der Retina Rechnung trägt.

[1] Listing in Wagner's Handwb. IV. Bd. Art. Dioptrik des Auges.

Die optischen Argumente für die Nothwendigkeit des Accommodationsvermögens haben nämlich so lange kein Gewicht, so lange man nicht gezeigt hat, dass die Retina die, die Undeutlichkeit der Bilder bedingenden Zerstreuungskreise auch wirklich wahrzunehmen im Stande ist.

Die Retina ist in der That im Stande, die Undeutlichkeit der Bilder, wie dieselbe mit optischer Nothwendigkeit entsteht, wahrzunehmen, doch da die Schärfe der Retina endlich ist, so werden Zerstreuungskreise, deren Durchmesser die Bildgrösse der kleinsten noch wahrnehmbaren Objecte, welche nach Volkmann, Hueck und Listing auf die Sehwinkelgrenze von $^1/_4$ Bogenminute führen, und somit auch die durch dieselben bedingte Undeutlichkeit der Bilder nicht mehr wahrgenommen. Dies vorausgeschickt, ergibt sich zunächst:

1. dass Dringlichkeit und Grösse der inneren Veränderungen behufs der Accommodation in der Nähe viel bedeutender sind, als beim Sehen in weiteren und weiteren Fernen.

Listing hat diesen Satz, a. a. O., S. 500, bestätigt und zugleich berechnet, dass das Auge für Objectweiten von ∞ bis 65 m keiner Accommodation bedarf, da die innerhalb dieser Breite entstehenden Zerstreuungskreise unter die Grenze des Sichtbaren fallen.

Aus denselben Prämissen folgern wir ferner:

2. dass das Auge niemals für einen Punkt, sondern immer für eine Reihe von hinter einander liegenden Punkten, d. i. für eine Linie accommodirt ist. Diese Linie nannte ich Accommodationslinie, und füge jetzt noch die genauere Bestimmung »im engeren Sinne« hinzu. Der Punkt dieser Accommodationslinie, für dessen Entfernung das Auge eigentlich optisch eingerichtet ist, heisst der Accommodationspunkt. Früher hatte ich diesen Punkt als den Hauptpunkt bezeichnet, glaubte aber, um nicht mit Listing's dioptrischen Terminologie zu collidiren, diesen Ausdruck mit dem vorhin gebrauchten vertauschen zu sollen.

Alle in der Accommodationslinie i. e. S. liegenden Objecte werden zu gleicher Zeit mit derselben relativen Deutlichkeit gesehen. Die Objecte, welche diesseits oder jenseits der Accommodationslinie i. e. S. liegen, nehmen mit der Entfernung vom Accommodationspunkte an Undeutlichkeit zu.

Um dieses Verhältniss graphisch auszudrücken, könnte man die als eine einfache Linie dargestellte Accommodationslinie i. e. S. an beiden Endpunkten in dem Maasse sich verbreitern oder in zwei diver-

girende Linien auflösen lassen, als die Undeutlichkeit der Bilder der diesseits und jenseits der Accommodationslinie i. e. S. gelegenen Objecte zunähme.

Eine solche graphische Darstellung des einem jeden Accommodationszustande entsprechenden, durch die endliche Schärfe der Retina einerseits, andererseits durch die optischen Gesetze bedingten Verhältnisses der Deutlichkeit einer unendlichen Reihe stetig hinter einander gelegener Objecte, nenne ich eine Accommodationslinie im weiteren Sinne.

Es entspricht natürlich jedem Accommodationszustand eine besondere Accommodationslinie im weiteren Sinne, deren es daher für ein und dasselbe Auge unendlich viele und verschiedene geben wird. Verschiedene Individuen unterscheiden sich je nach der Beschaffenheit des optischen Apparates und der Schärfe der Gesichtswahrnehmung durch ihre Accommodationslinien.

Bei genauerer Ueberlegung kommen folgende Eigenschaften der Accommodationslinien zum Vorschein.

1. Die Accommodationslinien i. e. S. sind nicht gleich lang, sondern nehmen mit der Entfernung des Accommodationspunktes vom Auge, unter übrigens gleichen Umständen zu.

2. Die Accommodationslinien sind um so schärfer begrenzt, je näher der Accommodationspunkt dem Auge liegt.

3. Der Accommodationspunkt liegt nicht in der Mitte der Accommodationslinie, sondern näher dem, dem Auge zugewendeten Ende derselben.

4. Endlich nimmt die Verbreiterung der Linie oder die Divergenz, welche, wie oben erwähnt, das allmähliche Undeutlichwerden der diesseits oder jenseits der Accommodationslinie gelegenen Objecte graphisch andeuten soll, an dem, dem Auge zugekehrten Ende weit rascher zu, als an dem abgekehrten Ende. Dies Verhältniss wird mit der grösseren Entfernung des Accommodationspunktes vom Auge weniger auffallend.

Schliesslich erlaube ich mir eine Anzahl von Versuchen mitzutheilen, welche durch die vorangeschickten theoretischen Betrachtungen ihre Erklärung finden, und die Richtigkeit meiner Lehre von den Accommodationslinien bestätigen.

a) Spannt man einen langen dünnen Faden in der Verlängerung der optischen Axe des geöffneten Auges auf, so nimmt der Faden vollständig das Bild einer Accommodationslinie i. w. S. an. Es erscheint in der Umgebung des fixirten (Accommodations-) Punktes eine grös-

sere oder kleinere Strecke des Fadens vollkommen deutlich, während die beiden Enden des Fadens verschwommen und wie aufgerollt aussehen. Jene deutliche Strecke des Fadens entspricht der Accommodationslinie i. e. S., und der oben aufgestellte Satz, dass das Auge nie für einen Punkt, sondern für eine Linie eingerichtet ist, wird hiermit bestätigt. Lässt man das Auge, durch Aenderung der Accommodationszustände, an dem Faden hin- und zurückgehen, so wird man bemerken, wie jene deutliche Strecke (die Accommodationslinie) dem vorwärts und rückwärts geschobenen Accommodationspunkte folgt, und zugleich an Länge zunimmt und abnimmt, je nachdem der Accommodationspunkt von dem Auge entfernt, oder dem Auge genähert wird. Ferner wird man leicht beobachten können, dass je näher der Accommodationspunkt dem Auge liegt, die Accommodationslinie i. e. S. auch um so schärfer begrenzt, d. h. der Uebergang zu der Undeutlichkeit der Endstücke des Fadens viel rascher und schroffer ist.

Endlich kann dem Beobachter auch nicht entgehen, wie viel bedeutender die Undeutlichkeit des dem Auge zugekehrten Fadenendes für gleiche Längen zunimmt, als die des abgekehrten Fadenendes. Hierbei ergeben sich nach dem Grade der Schärfe der Retina und nach den Verhältnissen des optischen Apparates zahlreiche individuelle Verschiedenheiten.

b) Man mache auf eine Glasplatte einen Punkt mit Tinte oder Farbe, und halte dieselbe vor eine Druckschrift. Mit dem Auge nähere man sich der Platte so viel als möglich, doch so, dass man den aufgetragenen Punkt noch vollkommen deutlich sehen kann. Bei der geringsten Aufmerksamkeit stellt sich nun heraus, dass, wenn der Punkt auf der Glasplatte deutlich gesehen wird, die dahintergelegene Druckschrift ganz undeutlich erscheint, und umgekehrt.

Es hängt von der Willkür ab, bald dieses, bald jenes Object klar und deutlich zu sehen. Dies ist, beiläufig gesagt, der einfachste und schlagendste Beweis für die Existenz eines willkürlichen Accommodationsvermögens. Beobachtet man während dieses Versuches noch etwas genauer, so wird man eine auffallende Verschiedenheit in dem Grade der Undeutlichkeit jenes Objectes finden, für welches das Auge gerade nicht accommodirt ist, wenn man sich mit dem Auge von der Glasplatte entfernt, ohne jedoch an der Stellung derselben zu der Druckschrift das Mindeste zu ändern. Je weiter sich nun das Auge von den Objecten, oder die Objecte vom Auge entfernen, desto geringer wird die Undeutlichkeit des Gegenstandes, für welchen das Auge nicht accommodirt ist, bis endlich in einer bestimmten Entfernung, welche *caeteris paribus* mit der Grösse des Abstandes zwischen

den beiden Objecten (hier der Glasplatte und der Druckschrift) wächst, beide Gegenstände zu gleicher Zeit mit derselben relativen Deutlichkeit gesehen werden. Dies ist der experimentelle Nachweis, dass die beiden oben entwickelten Gesetze der Differenzen der Vereinigungsweiten, trotz der Veränderung des Krümmungshalbmessers der vorderen Linsenfläche beim Accommodiren für die Nähe und Ferne, doch für unser Auge volle Geltung haben.

Beim Sehen in der Nähe genügt schon ein Abstand von wenigen Linien zwischen zwei hinter einander liegenden Objecten, um eine auffallende Differenz der Vereinigungsweiten der Lichtstrahlen dieser Objecte zu setzen, und einen hohen Grad von Undeutlichkeit desjenigen Objectes zu bedingen, für welches das Auge nicht accommodirt ist; während beim Sehen in der Ferne klafterweit aus einander gelegene Thürme noch mit derselben relativen Deutlichkeit erscheinen, mag man den näheren und den ferneren derselben fixiren.

Betragen die Entfernungen zwischen 65 m und ∞, so hört mit dem Bedürfnisse auch die Möglichkeit einer weitern Accommodation auf.

Hiermit ist auch der Satz experimentell erwiesen, dass die Dringlichkeit und Grösse der Accommodationsbewegungen beim Sehen in der Nähe viel bedeutender sind, als beim Sehen in weiteren und weiteren Fernen.

Diesen Satz, welchen ich schon a. a. O. aufgestellt habe, hat neulich Cramer in seiner angeführten trefflichen Preisschrift »über das Accommodationsvermögen der Augen«, ohne auf meine frühere Veröffentlichung Rücksicht zu nehmen, bestätiget.

c) Da in den eben mitgetheilten Versuchen alle Hauptsätze meiner Lehre von den Accommodationslinien experimentell nachgewiesen sind, so will ich es nur noch versuchen, zwei bestimmte Accommodationslinien meines rechten Auges graphisch darzustellen.

Ich bediene mich zu diesem Zwecke des oft gebrauchten Scheiner'schen Versuches und des Optometers, welches Hasner in der Prager Vierteljahrschrift, Bd. 32. beschrieben hat.

Ich befestigte in der rechten Augenöffnung der an dem einen Ende des horizontalen Brettes des Optometers angebrachten Larve ein Kartenblatt, in welches zwei feine Löchelchen gestochen waren, und stellte auf das horizontale Brett in verschiedenen Entfernungen vom Kartenblatte Nähnadeln auf, welche die Spitzen frei nach oben kehrend, in kleinen Wachsklötzchen staken.

Sah ich durch die Löchelchen des Kartenblattes auf die in gerader Linie hinter einander stehenden Nadeln, so sah ich dieselben je nach

ihrer Entfernung und je nach dem festgehaltenen Accommodationszustande, in bekannter Weise einfach oder doppelt.

In dem einen Versuche war mein Auge für eine Entfernung von 7 Wiener Zoll accommodirt. Die in dieser Entfernung stehende Nadel erschien daher einfach. Die Nadel, welche 4″ entfernt war, erschien schon im Doppelbilde, ebenso die Nadel, welche 27″ entfernt war, mit dem bemerkenswerthen Unterschiede jedoch, dass der Abstand der Doppelbilder von einander im ersten Falle $^3/_4$ Wiener Linien, im zweiten aber nur $^3/_8$‴ betrug. Die Nadel von 10″ Entfernung, war hingegen mit fast derselben Deutlichkeit und einfach zu sehen, wie die 7″ weit entfernte Nadel, welche im Accommodationspunkte stand. Die Accommodationslinie i. e. S. beträgt also bei 3″.

Im zweiten Versuche war das Auge für eine Entfernung von 13″ accommodirt. Eine daselbst aufgestellte Nadel erschien einfach und klar, aber auch noch bei 19″ Entfernung war dies der Fall. Die Accommodationslinie i. e. S. betrug hier schon 6″. Bei 27″ Entfernung erschien die Nadel zwar schon unzweifelhaft in Doppelbildern, allein der Abstand derselben war kaum mit Sicherheit zu messen. Erst in einer Entfernung von 844″ betrug die Distanz der Doppelbilder einer Dachrinne des gegenüber liegenden Hauses $^1/_2$‴. Hingegen standen die Doppelbilder einer 7″ entfernten Nadel $^2/_3$‴ von einander ab.

Tragen wir nun die Entfernungen in verkleinertem Maassstabe als Abscissen auf eine gerade Linie, und verzeichnen die Abstände der Doppelbilder (ohne dieselben auf einen kleineren Maassstab zu reduciren), als Ordinaten, so erhalten wir folgende zwei Curven (Fig. 1 und 2 Taf. 11), deren Vergleichung eine abermalige Bekräftigung der Lehre von den Accommodationslinien ist.

Es wäre wünschenswerth, zahlreiche und genaue Messungen von Accommodationslinien zu besitzen, da dieselben über die optischen Eigenschaften des lichtbrechenden Apparates der Augen, und über die Schärfe der Retina zugleich Aufschluss geben. Es würden sich individuelle Verschiedenheiten des Verhältnisses zwischen diesen beiden Momenten des Sehens ergeben, aus welchen sich ein normaler Mittelwerth dieses Verhältnisses gewinnen liesse.

Freilich müsste man eine bessere Messungsmethode anwenden, als die oben mitgetheilte, da dieselbe manche Schwierigkeit und Fehlerquelle bietet.

Ich hebe namentlich die Schwierigkeit heraus, eine Reihe von Nadeln so in einer geraden Linie hinter einander aufzustellen, dass sich die entstehenden Doppelbilder nicht decken, und den Beschauer nicht verwirren. Da man nicht sicher ist, dass der Accommodations-

zustand, dessen Accommodationslinie man zu bestimmen sucht, genau derselbe bleibt, so kann man nicht eine Nadel nach der andern untersuchen, was sehr bequem wäre, sondern man muss immer wenigstens zwei Nadeln zu gleicher Zeit im Gesichtsfelde behalten; nämlich: die Nadel, welche im Accommodationspunkte steht, und während des Versuches stets einfach und deutlich bleiben muss, und eine andere beliebig wo stehende Nadel, deren Doppelbild gemessen wird. Hiermit ist wohl diese Schwierigkeit gehoben. Könnte die Fehlerquelle des Verfahrens so leicht vermieden werden, als diese Schwierigkeit gehoben wurde, dann könnte man sich bei dem oben angewendeten Verfahren beruhigen, allein dies ist nicht der Fall, denn als Fehlerquelle bezeichne ich vornehmlich die Wirkung der feinen Löchelchen des Kartenblattes, durch welche man schaut, auf den Accommodationszustand und auf die Grösse der Netzhautbildchen.

Zusatz.

a) Da nach Ad. Fick's und Anderer Untersuchungen[1]) der optische Apparat des Auges die in der verticalen und horizontalen Ebene verlaufenden Strahlen niemals gleichzeitig auf der Retina zur Vereinigung bringt oder, anders ausgedrückt, da der Accommodationspunkt für die verticale Ebene in einer andern Entfernung vom Auge liegt, als der für die horizontale; so muss man offenbar für jeden einzelnen Accommodationszustand verschiedene Accommodationslinien erhalten, je nachdem man die Strahlenbrechung in der horizontalen, in der verticalen oder in einer geneigten Ebene betrachtet.

Wollte man alle diese Verhältnisse in Einer Accommodationslinie ausdrücken, so müsste man derselben eine körperliche, nach den drei Dimensionen des Raumes ausgedehnte Gestalt geben, indem man die Ebene, in welcher die flächenförmige Accommodationslinie verzeichnet ist, um die Sehaxe ein Mal in Gedanken rotiren liesse.

Wenn die brechende Kraft des optischen Apparates in allen Richtungen genau dieselbe wäre oder wenn die Unregelmässigkeiten der brechenden Kraft keine wahrnehmbaren Unterschiede der Vereinigungsweiten setzen könnten, so würde die körperliche Accommodationslinie die Gestalt zweier dünnen Kegel erhalten, deren

[1] Zeitschrift für rationelle Medicin. Neue Folge, II, S. 83. — Vergleiche auch Sturm: Ueber die Theorie des Sehens. Poggendorff's Annalen, Band LXV, S. 116 und Fechner's Centralblatt für Nat. und Anthropologie. Nr. 5, S. 73, Jahrg. 1853.

Basen und Querschnitte kreisförmig und deren Spitzen durch eine Linie (Accommodationslinie i. e. S.) verbunden wären und von denen der Kegel, dessen Basis auf der Cornea steht, einen stumpferen Scheitelwinkel besässe, als jener dessen Basis vom Auge abgewendet ist.

Wenn hingegen die brechende Kraft unseres optischen Apparates, wie es nach A. Fick wirklich der Fall ist, in der verticalen Ebene eine andere wäre, als in der horizontalen und wenn diese beiden Extreme allmählich in einander übergingen, dann würden die beiden Kegel der körperlichen Accommodationslinie elliptische Basen und Querschnitte bekommen, deren Durchmesser sich für jeden einzelnen Accommodationszustand und innerhalb einer und derselben Accommodationslinie in bestimmten Verhältnissen gesetzmässig ändern müssten.

Eine solche körperliche Accommodationslinie wäre der vollständige Ausdruck der einem bestimmten Accommodationszustand entsprechenden, bei demselben Grade der Aufmerksamkeit, durch die Schärfe der Retina einerseits (physiologisch), anderseits durch den optischen Apparat (physikalisch) bedingten Verhältnisse der Deutlichkeit, mit welcher leuchtende in einer unendlichen Reihe hintereinander liegende Punkte wahrgenommen werden können.

b) Die Lehre von den Accommodationslinien, welche ich in der vorstehenden Abhandlung nur in den allgemeinsten Grundlinien skizzirt, und deren weitere Ausführung in Bezug auf die von A. Fick erkannten Eigenschaften des optischen Apparates ich durch den eben mitgetheilten Zusatz angedeutet habe, muss auch noch in Beziehung auf das indirecte Sehen ausgeführt werden, da bisher hiervon nicht ausdrücklich die Rede gewesen ist.

Es ist bekannt, dass die Feinheit des Raumsinnes der Retina von dem Axenpunkte an nach der Peripherie hin in überaus rascher Progression abnimmt. Diese Abnahme der Feinheit des Raumsinnes ist nun so bedeutend, dass die Zerstreuungskreise, welche in Folge unpassender oder unvollkommener Accommodation auftreten, nur für die um den Axenpunkt gelegene etwa $^1/_2$ Pariser Linien im Durchmesser haltende Fläche [1]) der Retina leicht wahrnehmbar und merklich störend sein können, während dieselben für den stumpferen peripherischen Theil der Retina immer bedeutungsloser werden und endlich so gut wie gar nicht vorhanden sind.

Von der Richtigkeit des Gesagten kann man sich leicht überzeugen, wenn man ein passendes Object indirect, d. h. vermittelst

[1] Vergl. E. H. Weber: »Ueber den Raumsinn«, in den Berichten über die Verhandl. der kön. sächs. Gesellschaft der Wissensch. zu Leipzig. II, 1853, S. 136.

eines mehr oder weniger weit von dem Axenpunkte entfernten Theiles der Retina fixirt und dabei den optischen Apparat des Auges für die verschiedensten Entfernungen einrichtet.

Man findet dann von den Veränderungen, welche die verschiedenen Accommodationszustände (die selbstverständlich nicht ohne Einfluss auf die optische Schärfe und Reinheit des Netzhautbildchens bleiben können) hinsichtlich der Deutlichkeit der Wahrnehmung des indirect gesehenen Objectes hervorbringen sollten, um so geringere Spuren, je näher die afficirte Netzhautstelle an der *Ora serrata* liegt.

Wenn kein Undeutlicherwerden des Details und der Umrisse des indirect gesehenen Gegenstandes mehr in unpassender Accommodation auftritt, dann nehme ich meistens noch ein Blässerwerden der fixirten Objecte wahr und erkläre mir dasselbe hauptsächlich aus der geringeren Intensität zerstreuter Bilder. Beiläufig sei bemerkt, dass wir hier in der Retina die Fähigkeit geringe Licht-Intensitätsunterschiede wahrzunehmen mit einer sehr geringen Feinheit des Raumsinnes gepaart antreffen. Die Haut der Augenlider und der Wangen bietet hierzu ein Analogon in der Sphäre des Tastsinnes, indem dieselbe nach Weber's Untersuchungen einen relativ feineren Temperatur- als Raumsinn besitzt. Ueber die Beschaffenheit der Accommodationslinien für das indirecte Sehen mögen folgende Andeutungen, welche sich aus den berührten Prämissen ergeben, genügen.

Mit der Abnahme der Feinheit des Raumsinnes, welche bedeutender und rascher in horizontaler als in verticaler Richtung stattfinden soll[1]), wächst die Länge und die Breite der Accommodationslinie i. e. S. [wir haben hier die in einer Ebene verzeichnete Linie im Sinne, welche beiläufig bemerkt niemals, auch nicht für das directe Sehen, eine mathematische Linie ist], bis es endlich keinen Unterschied mehr zwischen einer Accommodationslinie i. e. S. und i. w. S. gibt. Ferner müssen die elliptischen Basen und Querschnitte der körperlichen Accommodationslinien allmählich in Kreise sich verwandeln und die beiden Kegel zu Einem Cylinder verschmelzen, indem die Verschiedenheit der Vereinigungsweiten der in der verticalen und in der horizontalen Ebene befindlichen Strahlen eben so wenig indirect wahrnehmbare Zerstreuungskreise zu setzen im Stande ist, als der Unterschied der Vereinigungsweiten von Strahlen leuchtender Punkte, die diesseits und jenseits des Accommo-

[1] Vergl. G. Meissner's wichtige »Beiträge zur Physiologie des Sehorgans«. Leipzig 1854, S. 58.

dationspunktes liegen. Für das indirecte Sehen wird die Dringlichkeit der Accommodations-Veränderungen behufs des möglichst deutlichen Sehens und die Nothwendigkeit der Existenz eines sogenannten Accommodations-Vermögens, wie die Accommodationslinien beweisen, immer geringer und endlich gleich Null. Ich habe schon in meiner ersten Mittheilung über die Accommodationslinien (Verhandlungen der Würzburger med.-physik. Gesch., Band I, S. 184) darauf hingewiesen, dass sich die Nothwendigkeit des Accommodations-Vermögens gar nicht einsehen und beweisen lässt, wenn man nicht neben den rein optischen Betrachtungen auch der Schärfe der räumlichen Wahrnehmung auf der Retina Rechnung trägt. Die Betrachtung der Accommodationslinien für das indirecte Sehen liefert nun den schlagenden Beleg für die Richtigkeit dieser meiner Behauptung.

XVIII.

Ueber die Wirkung punktförmiger Diaphragmen auf das Sehen (sammt Zusatz).

[Wiener akadem. Sitzungsberichte 1854 u. 1855 (Physiologische Studien).]

(Hierzu Fig. 3, 4 auf Taf. 11, Fig. 5 auf Taf. 12, Fig. 1, 2, 5 auf Taf. 14 und Fig. 6 u. 7 auf Taf. 15).

Bringt man ganz nahe vor das Auge ein Kartenblatt oder ein Stück dünnen Bleches, in welchem eine sehr feine, punktförmige Oeffnung angebracht ist, so wird 1. ein nur sehr kleiner Theil der Lichtstrahlen, welche von den, vor dem Auge gelegenen Objecten herkommen, durch die feine Oeffnung in das Auge gelangen, während der übrige Theil der Strahlen durch den undurchsichtigen Schirm abgehalten wird, und 2. erleiden die durchgelassenen Strahlen eine Dispersion durch die Ablenkung, welche der Rand der Oeffnung auf die an ihm vorbeistreichenden Strahlen ausübt.

Die am Ende von Nr. XVII erwähnten Wirkungen der feinen Löchelchen im Kartenblatte auf den Accommodationszustand und das Netzhautbild erklären sich aus der Verkleinerung der in das Auge gelangenden Strahlenkegel und aus der Dispersion der Strahlen am Rande der Oeffnung. Im Folgenden soll diese Erklärung ausgeführt werden, doch will ich vorher die zu betrachtenden Erscheinungen genauer angeben, welche man beim Sehen durch feine Oeffnungen wahrnimmt.

A. Beim Sehen durch eine feine Oeffnung wächst die Vereinigungsweite der Lichtstrahlen, das Löchelchen wirkt wie eine concave Brille oder Zerstreuungsglas.

B. Die Undeutlichkeit der Bilder von Gegenständen, welche nicht in der Accommodationslinie i. e. S. liegen, wird sehr vermindert, wenn man durch ein feines Löchelchen sieht.

C. Accommodirt man für die Ferne, und richtet seine Aufmerksamkeit auf ein sehr nahes Object, oder nähert ein Object dem Auge bis über den Nahepunkt, so dass das Auge nothwendig für einen entfernteren Punkt accommodirt ist, so erscheint dieses Object undeutlich, schiebt man nun ohne sonst etwas zu ändern, ein durchstochenes Kartenblatt zwischen das Object und das Auge, und sieht dann durch das Löchelchen nach dem Object, so erscheint dasselbe relativ deutlich, zwar lichtschwach, aber vergrössert.

D. Kehrt man die Bedingungen um, accommodirt man also für die Nähe, und richtet die Aufmerksamkeit auf ein fernes Object, so wird dieses undeutlich erscheinen. Schiebt man nun wieder das Kartenblatt mit dem Löchelchen vor das Auge, so sieht man jenes Object mit relativer Deutlichkeit, aber verkleinert.

Je näher der Accommodationspunkt dem Auge liegt, desto auffallender tritt *caeteris paribus* die Verkleinerung des Bildes hervor. Wenn man, während das Auge durch das Löchelchen nach fernen Objecten sieht, abwechselnd für die Nähe und dann für die Ferne accommodirt und sämmtliche Accommodationszustände stetig durchläuft, so bemerkt man, dass die gesehenen Objecte in Bewegung gerathen, sich dem Auge nähern und von demselben sich entfernen.

Und zwar in dem Maasse, als sich der Accommodationspunkt dem Auge nähert, verkleinern sich die fernen Objecte und weichen zugleich zurück. Rückt man hingegen den Accommodationspunkt wieder nach seiner alten Stelle, oder gar noch weiter vom Auge ab, so scheinen die Objecte sich wieder dem Auge zu nähern und grösser zu werden.

Es giebt wohl noch mancherlei andere Erscheinungen, welche beim Sehen durch punktförmige Diaphragmen zu beobachten sind, allein ich beschränke mich auf die Besprechung der hervorgehobenen Thatsachen, da dieselben für uns von Wichtigkeit sind.

Ad A. Wenn die Zerstreuung des durch das Löchelchen tretenden Strahlenkegels auch nur unbedeutend ist, so ist dieselbe doch vorhanden, und muss eine, wenn auch unbedeutende Vergrösserung der Vereinigungsweite der Lichtstrahlen bedingen, da die stärker divergirenden Strahlen des zerstreuten Lichtkegels von einem näher gelegenen Punkte zu kommen scheinen, welchem, nach bekannten Gesetzen, eine grössere Vereinigungsweite entspricht.

Dieser Umstand kann nicht ganz ohne Einfluss auf den Accommodationszustand bleiben, und es ergiebt sich hieraus, dass die Bestimmung der Accommodationsverhältnisse eines Auges, welches dabei durch ein feines Löchelchen sieht, nicht vollkommen richtig ausfallen kann.

Ad B. Das auffallende Deutlicherwerden stark zerstreuter Bilder durch die Anwendung punktförmiger Diaphragmen erklärt sich durch die bedeutende Verkleinerung der Zerstreuungskreise, von deren Grösse ja die Undeutlichkeit der Bilder hauptsächlich abhängt. Da das kleine Löchelchen nur den kleinsten Theil des einfallenden Strahlenkegels in das Auge gelangen lässt, so kann unter übrigens gleichen Umständen auch nur der kleinste Theil des Zerstreuungskreises übrig bleiben. Wird nun auch durch die Dispersion der Strahlen, am Rande des Löchelchens, der Durchmesser der Zerstreuungskreise wieder etwas vergrössert, immer bleibt der gegenwärtige Durchmesser der Zerstreuungskreise gegen den früheren, welchen dieselben ohne das punktförmige Diaphragma hatten und haben würden, noch bedeutend klein und das Bild daher relativ deutlich.

Ein mit einem durchlöcherten Kartenblatt armirtes Auge verlängert aus diesem Grunde alle seine Accommodationslinien i. e. S., und ändert daher seine ursprünglichen Accommodationsverhältnisse wesentlich.

Ad C. Die Grösse, in welcher wir einen Gegenstand sehen, hängt von mehreren Momenten ab, und ist keine unmittelbare Wahrnehmung. Unter übrigens gleichen Umständen steht die gesehene Grösse des Objectes in geradem Verhältnisse zu der Grösse des Netzhautbildchens. Deshalb wollen wir zunächst untersuchen, welche Dimensionen das Netzhautbildchen unter den oben vorausgesetzten Umständen haben wird.

Das Auge ist für die Ferne accommodirt, die Vereinigungsweiten der Lichtstrahlen, welche von nahen Objecten kommen, fallen somit hinter die Netzhaut. Steht der Gegenstand in der vorderen Focalebene, so sind die Vereinigungsweiten unendlich weit hinter der Retina gelegen, d. h. dann laufen die Strahlen der einzelnen Lichtkegel im Glaskörper parallel. Befindet sich der Gegenstand zwischen dem vorderen Brennpunkt und der Oberfläche der Cornea, so werden die Vereinigungsweiten negativ, d. h. es divergiren die im Glaskörper verlaufenden Strahlen der einzelnen Lichtkegel, und schneiden sich virtuell in einem vor der Linse gelegenen Punkte. Das Bild des Objectes wird aus sehr grossen Zerstreuungskreisen zusammengesetzt, und muss daher sehr undeutlich erscheinen.

Die Umrisse dieses zerstreuten Bildes haben aber viel grössere Dimensionen als die Umrisse des entsprechenden Objectes. Denkt man sich nun das durchlöcherte Kartenblatt zwischen Object und Auge geschoben, so werden die Zerstreuungskreise auf ein Minimum reducirt, indem das Kartenblatt die grössere Menge der Strahlen der ein-

zelnen Lichtkegel auffängt. Die Strahlen, welche durchgelassen werden, sind aber jene, welche sich in den äussersten Lichtkegeln an dem Theile der Peripherie befinden, welcher zunächst an der optischen Axe liegt.

Das Object erscheint daher in einem relativ deutlichen und vergrösserten Bilde, welches jedoch lichtschwach ist.

In Fig. 3 und 4 (Taf. 11) soll diese schon von HENLE gegebene Erklärung der Vergrösserung versinnlicht werden; für die Fälle, wo der Gegenstand in oder vor der vorderen Focalebene steht. HENLE hat in MÜLLER's Physiologie, S. 340, die Construction für den Fall gegeben, wo das Object hinter der vorderen Focalebene liegt, und die Strahlen im Glaskörper divergirend verlaufen.

Nach dieser Construction, welche immer ein ähnliches Resultat giebt, wenn nur die Differenz zwischen den Entfernungen des Objectes und des Accommodationspunktes eine bedeutende Grösse erreicht, begreift man vollständig die bedeutende Vergrösserung des Bildes. Um aber eine möglichst vollständige Erklärung des Phänomens zu geben, müssen wir noch auf ein subjectives Moment, welches hierbei thätig ist, Rücksicht nehmen. Ich meine die Schätzung der Grösse eines und desselben Stückes der Netzhaut, beim Sehen in der Ferne und der Nähe. Bekanntlich erscheint uns dieselbe Stelle der Netzhaut beim Blick in die Ferne ungleich grösser, als sie uns erscheint, wenn wir das Auge für die Nähe accommodiren. Hiervon kann man sich leicht überzeugen, wenn man sich ein kräftiges Blendungsbild erzeugt, und dann bei geschlossenem oder offenem Auge abwechselnd für die Ferne und für die Nähe accommodirt.

Das Moment kommt nun bei der Vergrösserung des Bildes in Betracht. Das Auge ist in unserem Versuche nach der Voraussetzung für die Ferne eingerichtet. Der dem Auge nahe gerückte, durch das Löchelchen betrachtete Gegenstand müsste uns also selbst in dem Falle, dass sein Retinabildchen dieselbe Grösse hätte, oder gar um ein Bestimmtes kleiner geworden wäre, als es ist, wenn uns der Gegenstand in seiner natürlichen Grösse erscheint, noch vergrössert vorkommen. Da nun aber unter den angegebenen Umständen das Retinabild überdies aus optischen Gründen objectiv grösser ist, so muss uns die Vergrösserung des Objectes um so bedeutender scheinen.

Vergrössert man künstlich die Brennweite des Auges, so tritt die Vergrösserung, welche begreiflicher Weise unter gewöhnlichen Umständen nur für relativ nahe Objecte stattfinden kann, selbst für entferntere Gegenstände ein, wie folgender Versuch lehrt.

Ich brachte das Auge unter Wasser, indem ich das von mir beschriebene Orthoskop (Nr. VII) anwendete, und blickte durch die mehr als Zoll dicke, das Auge umspülende Wasserschicht nach dem mehr als 4 Klaftern entfernten Fenster. Da das Auge, welches durch die Wasserschicht der optischen Wirkung der Cornea beraubt war, ungeheuer weitsichtig wurde, so konnte ich in dieser Entfernung Nichts deutlich wahrnehmen.

Brachte ich nun aber ein durchbohrtes Kartenblatt vor das Auge, so erschien mir das Fenster zwar schattenhaft und sehr lichtschwach, aber ungemein vergrössert, und mit ziemlich scharfen Umrissen.

Ad D. In diesem Falle lässt sich durch die Betrachtung der optischen Verhältnisse eine objective Verkleinerung des Retinabildchens, und zugleich der in demselben Sinne wirkende Einfluss des schon im vorigen Falle erörterten subjectiven Momentes nachweisen, so dass die Erklärung des Phänomens keinem Zweifel unterliegt.

Da das Auge für die Nähe accommodirt ist, so muss das Bild eines entfernten Objectes vor die Netzhaut fallen (vergl. Taf. 12, Fig. 5). Das Löchelchen des Kartenblattes, welches vor das Auge geschoben wird, bedingt auch hier durch Verkleinerung der Zerstreuungskreise eine grössere Klarheit des Bildes, welches in dem Maasse sich verkleinert, als die Vereinigungsweiten der Lichtstrahlen, durch das Accommodiren für die Nähe weiter vor die Retina fallen, indem dann die durchgelassenen Lichtstrahlen, welche von den äussersten Punkten *a* und *b* des Objectes ausgehen, stärker convergiren. Das Bild wird also in der That objectiv kleiner, und hierzu kommt noch die schon oben erörterte Schätzung der Grösse des Retinabildchens, welche, da das Auge für die Nähe accommodirt wird, das Bildchen noch kleiner erscheinen lässt. Warum mit dem Kleinerwerden des Bildes der Gegenstand zugleich in der Dimension der Tiefe sich zu entfernen scheint, bin ich genügend zu erklären nicht im Stande, glaube aber, dass, da eine stetige Verkleinerung des Sehwinkels, sowohl durch stetiges Verkleinern des Objectes, als durch stetiges Entfernen desselben hervorgebracht werden kann, der Verstand durch ein noch nicht näher zu bezeichnendes Moment bestimmt wird, das Phänomen in der letzteren Weise auszudeuten und anzuschauen. Wir haben hier den merkwürdigen Fall, dass eine stereoskopische Anschauung durch ein einziges Auge vermittelt wird.

Je kleiner das Löchelchen ist, welches man bei den beschriebenen und erklärten Versuchen anwendet, desto lichtärmer und desto schärfer begrenzt wird das Retinabildchen erscheinen.

Will man die objective Vergrösserung des Retinabildchens im

ersten, die Verkleinerung des Retinabildchens im zweiten Falle auf einen möglichst hohen Grad bringen, so muss man, abgesehen von dem schon oben erwähnten Verhältnisse, zwischen der Entfernung des Accommodationspunktes und des Objectes noch die Stellung des durchbohrten Kartenblattes reguliren. Eine genauere Betrachtung der gegebenen Constructionen (Fig. 3, 4 und 5), wird zu der Einsicht führen, dass die Oeffnung des Kartenblattes an dem Punkte stehen muss, wo sich die Strahlen *a c* und *b d* kreuzen, wenn in beiden Fällen der grösste Werth erreicht werden soll, denn diese Strahlen sind es, welche den gewünschten grössten und kleinsten Umriss des Retinabildchens verzeichnen. Das Experiment bestätigt meine Angabe. Nähert man das durchbohrte Kartenblatt so weit als möglich der Cornea, so kann man sicher sein, dass das Löchelchen nicht an dem von mir bezeichneten Platze, dem Durchkreuzungspunkte der Strahlen *a c* und *b d* steht, und es zeigt der Versuch, dass die Vergrösserung im ersten, die Verkleinerung im zweiten Falle bei weitem nicht so bedeutend ausfällt, als wenn das Kartenblatt etwas von der Cornea abgerückt wird. Dies gilt besonders für den zweiten Fall, da der angegebene Durchkreuzungspunkt für Strahlen, die von entfernten Objecten kommen, viel weiter vom Auge abliegt als für Strahlen, die nahe Objecte aussenden.

Die Ungenauigkeit des Verfahrens, welches wir oben zur Bestimmung der beiden Accommodationslinien (Nr. XVII) brauchten, leuchtet aus dem über die Verkleinerung der Netzhautbildchen Gesagten von selbst ein.

Wie die geringe Grösse der Oeffnung der Pupille diese Versuche stören kann, ergiebt sich leicht aus der Betrachtung der mitgetheilten Constructionen.

Die Beschattung des Auges durch das Kartenblatt ist der Erweiterung der Pupille und dem Gelingen der Versuche förderlich.

Zusatz.

a) Ich habe oben die Beobachtung mitgetheilt, dass, wenn man durch ein feines Löchelchen entfernte Gegenstände fixirt und dabei für die Nähe accommodirt, dieselben auffallend k l e i n e r werden und zugleich in der Dimension der Tiefe deutlich zurückweichen; dann aber wieder grösser werdend hervortreten, wenn man für die Ferne accommodirt.

Die Bedingungen des Kleinerwerdens der entfernten Gegenstände durch die Accommodation für die Nähe glaube ich in obiger Abhandlung erschöpfend erörtert zu haben und weiss daher in dieser Bezieh-

ung nichts hinzuzufügen. Wenn ich trotzdem auf die mitgetheilte Beobachtung zurückkomme, so geschieht dies, um durch die allseitige Erörterung der Bedingungen des Versuches jenes Moment aufzufinden, welches den Verstand bestimmt, die stetige Verkleinerung der Bilder, welche sowohl durch allmähliches sich Verkleinern der Objecte, als durch allmähliches Entfernen derselben in der Dimension der Tiefe, hervorgebracht sein könnte, gerade nur in der letzteren Weise auszudeuten und anzuschauen. In der Vergrösserung und Verkleinerung des Gesichtswinkels, unter welchem die Objecte erscheinen, kann man offenbar die Erklärung dieser Thatsache nicht finden, denn man begriffe dann nicht, warum gerade die zweite und nicht vielmehr die erste Möglichkeit der Auffassung Wirklichkeit wird. Die Veränderung der Grösse des Gesichtswinkels bedingt an und für sich keine scheinbare Verrückung der gesehenen Objecte in der Dimension der Tiefe. Erst wenn gewisse andere Momente hinzukommen oder wegfallen, erhält die Veränderung des Gesichtswinkels in der Anschauung eine bestimmte Deutung und bestimmten Werth. Unser Urtheil über die Entfernung eines Gegenstandes in der Dimension der Tiefe, wird bekanntlich wesentlich durch den Convergenzwinkel der Sehaxen und durch den Zustand des Accommodationsapparates, ferner in zweiter Linie auch durch die relative Lichtstärke und »vielleicht« durch die verschiedene Grösse der Zerstreuungskreise, unter welchen die Gegenstände erscheinen, bestimmt.[1]

Was die Art angeht, in welcher diese Momente unser Urtheil bestimmen, so gilt, unter übrigens gleichen Umständen Folgendes.

Ad 1. Je stärker die Augenaxen convergiren müssen, um auf einem Gegenstande einzuschneiden, desto näher erscheint uns derselbe und umgekehrt.

Ad 2. Die Gegenstände erscheinen uns um so näher, je grösser die Anstrengungen sind welche die Muskeln des Einrichtungsapparates machen müssen, um das Auge für divergirende Strahlen, d. h. für die Nähe zu accommodiren und das Bild deutlich zu entwerfen, und vice versa. Ich erinnere hier namentlich an die scheinbare Entfernung oder Näherung eines auf der Retina vorhandenen Blendungsbildes, je nachdem das Auge für die Ferne oder die Nähe accommodirt wird.

Ad 3. Nach LUDWIG gewinnt die Lichtstärke nur »jenseits der deutlichen Seheweite und in Abständen, in welchen die Gegenstände mit fast parallelen Strahlen aufgefasst werden, Einfluss auf die

[1] Vgl. LUDWIG: Lehrbuch der Physiologie des Menschen. 1853, Bd. I, S. 253.

Schätzung der Entfernung, keinesfalls aber innerhalb der deutlichen Seheweite«. Dies scheint mir jedoch unrichtig zu sein, indem es dann unbegreiflich wäre, auf welche Art Maler auf der Leinwandfläche durch Vertheilung von Licht und Schatten plastisch hervortretende Reliefﬁguren zu Stande bringen könnten u. s. w. Uebrigens hat Cramer einige Versuche angegeben, welche Ludwig's Behauptung widerlegen, indem sie beweisen, dass auch innerhalb der deutlichen Seheweite lichtstärkere Gegenstände näher, lichtschwächere entfernter zu stehen scheinen. Cramer[1]) fand nämlich, dass die Projection einer stereometrischen Figur, welche man nach Necker's Bemerkung in doppelter Weise auffassen kann[2]) sich in einer bestimmten Weise der Vorstellung aufdringt, wenn der Theil der Figur, welcher hervortreten soll lichtstärker gezeichnet ist als der Theil, welcher zurücktreten soll.

»Meer in het oogvallend, sagt Cramer[3]), dat het meest lichtsterke zich als het naastbij zijnde aan ons voordoet, zien wij dit nog aan het volgen Fig. 5, *a*, *b* (vergl. Fig. 5, Taf. 14), zij een korte glazen cilinder. Men kan nu bij deze figuur naar willekeur de opening *a* als de voorste en *b* als de achterste beschouwen, of ook wel omgekeerd *b* als de voorste opening — waar men inziet — aanmerken, en *a* als de achterste — waardoor men weêz uitziet.

Zoodra echter de cirkels ongelijk van lichtsterkte zijn, zoo als bij Fig. 6 en 7 (vergl. 6 und 7, Taf. 15), dringt zich de lichte cirkel in onze voorstelling onwillekeurig als de voorste opening van den cilinder aan ons op, men kan bij Fig. 6 alleen tot de opening *a* in-en door de opening *b* uitzien, terwijl juist het omgekeerde met Fig. 7 plaats heeft.«

So richtig im Ganzen Cramer's interessante Beobachtung ist, so geht derselbe doch entschieden zu weit, wenn er glaubt, dass man in Fig. 6 nur durch die Oeffnung *a* hinein, durch die Oeffnung *b* hinausschauen kann. Mir gelingt es wenigstens stets, nach Willkür in Fig. 6 die Stellung des Glascylinders auch so aufzufassen, dass ich durch die Oeffnung *b* hinein, durch die Oeffnung *a* hinauszuschauen meine, obschon sich allerdings eine grössere Anstrengung dabei fühlbar macht, als bei Betrachtung der Fig. 5. Diese Anstrengung rührt offenbar daher, dass der lichtschwächere Cirkel als der nähere, der lichtstärkere

[1] Cramer: Bijdrage tot de Verklaring der zoogenaamde Irradiatie-Verschynselen. Nederl Lancet, 1854; 3. Serie, 3. Jaarg.

[2] Eigentlich kann man sie in 3facher Weise: 1. als ebene Zeichnung, und dann noch in doppelter Weise als körperliche Figur auffassen.

[3] A. a. O. S. 17.

aber, als der entferntere aufgefasst werden soll. Denn beschaut man Fig. 6 und 7 ganz unbefangen, so wird sich einem die von CRAMER angegebene Auffassung immer von selbst aufdringen, woraus eben der Einfluss der relativen Lichtstärke auf die Schätzung der Entfernung auch innerhalb der deutlichen Sehweite ersichtlich wird; und dieser Einfluss muss im Falle, dass der lichtschwächere Cirkel als der nähere aufgefasst werden soll, überwunden werden.

Schliesslich bemerke ich noch beiläufig, dass man Fig. 5 am leichtesten als ebene Zeichnung auffasst, indem bei jeder der beiden anderen Auffassungen der eine der Kreise als der vordere, der andere als der hintere betrachtet werden soll, obschon der erstere eben so lichtstark ist, als der letztere.

Ad. 4. Was die Grösse der Zerstreuungskreise, als bestimmendes Moment für die Auffassung der Dimension der Tiefe anbelangt, so fand ich bei LUDWIG a. a. O. keine hinreichend bestimmten und detaillirten Angaben.

Ich sah mich genöthigt den Gegenstand selbst genauer zu verfolgen. Es wird sich zeigen, dass es gerade dieses Moment ist, welches in unserem Falle besonders thätig und wirksam auftritt. Das Wachsen und Abnehmen der Zerstreuungskreise bringt, nach meinen Beobachtungen hinsichtlich der Beurtheilung der Entfernung des betreffenden Gegenstandes, entgegengesetzte Wirkungen hervor, je nachdem der Gegenstand diesseits oder jenseits des Accommodationspunktes liegt.

Betrachte ich monocular eine wohlpolirte Nadel in beliebiger Entfernung und accommodire mein Auge für die Nähe, so dass der Accommodationspunkt näher an das Auge rückt und die Nadel immer weiter jenseits desselben zu stehen kommt, so scheint die Nadel in dem Maasse als sie in Zerstreuungskreise zerfährt, in der Dimension der Tiefe zurückzuweichen. Die Nadel scheint jedoch in dem Maasse wieder hervorzutreten, als ihre Umrisse sich aus dem schwindenden Nebel der Zerstreuungskreise durch die entgegengesetzte Accommodationsthätigkeit wieder schärfer herausheben.

Hält man die Nadel näher ans Auge und accommodirt für die Ferne, wobei die Nadel diesseits des Accommodationspunktes zu liegen kommt, so findet mit dem Wachsthum der Zerstreuungskreise kein Zurückweichen des zerstreuten Bildes vom Auge, sondern im Gegentheil eine scheinbare Näherung desselben zum Auge statt, während mit der Abnahme der Zerstreuungskreise die Nadel statt wie früher hervorzutreten, auf ihren alten Platz zurückrückt.

Nach dem Gesagten halte ich mich für berechtigt, folgenden

Satz auszusprechen: Ein diesseits des Accommodationspunktes befindlicher Gegenstand wird um so näher, ein jenseits des Accommodationspunktes befindlicher um so entfernter erscheinen, je grösser die Zerstreuungskreise sind, welche an ihm wahrgenommen werden.

Wir haben nun zu untersuchen, welche besondere Combination der erörterten vier, unser Urtheil bestimmenden Elemente in dem oben angeführten Versuche wirksam sind.

Die durch ein Löchelchen betrachteten entfernten Gegenstände scheinen in der Dimension der Tiefe zurückzuweichen, während:

1. der Convergenzwinkel der Augenaxen grösser wird, indem sich das geschlossene Auge bei der Accommodation für die Nähe nach einwärts dreht;
2. der optische Apparat für die Nähe eingerichtet wird;
3. die sich verkleinernden Bildchen lichtschwächer, und
4. zugleich, durch die Vergrösserung der Zerstreuungskreise, undeutlicher werden.

Kehren sich die aufgezählten Bedingungen um, so folgt unabänderlich die entgegengesetzte Auffassung der Verhältnisse — die sich vergrössernden Gegenstände scheinen an den Beobachter näher heranzutreten.

Sehen wir nun zu, in welcher Art die einzelnen Elemente, welche unser Urtheil über die Dimension der Tiefe bestimmen, thätig sind, so werden wir zunächst die Vergrösserung des Convergenzwinkels, welche ohnedies ein Nähertreten und nicht ein Zurückweichen der Gegenstände zur Folge haben müsste, in unserem Falle als bedeutungslos und wirksam erklären müssen, da nur mit Einem Auge gesehen wird.

Die Accommodation für die Nähe, welche *caeteris paribus* eine Verkleinerung und Näherung des gesehenen Gegenstandes bedingt, wirkt in der einen Richtung, hinsichtlich der Verkleinerung der Objecte, welche factisch eintritt (vergl. die vorstehende Abhandlung), ungehindert, wird aber in der andern Richtung ihres bestimmenden Einflusses — hinsichtlich der scheinbaren Näherung des Objectes, welche hier gerade in das Gegentheil umschlägt, durch andere gleich anzugebende Momente überwogen und vollständig gebunden.

Diese anderen entgegengesetzt wirkenden Momente, welche uns bestimmen, die sich verkleinernden Gegenstände zugleich als zurückweichend aufzufassen, sind die Abnahme der Lichtstärke und die Zunahme, d. h. Vergrösserung der Zerstreuungs-

kreise, welche letztere, da sie hier, bei jenseits des Accommodationspunktes gelegenen Objecten (vergl. oben ad 4) auftritt, ein scheinbares Zurückweichen derselben bedingt.

Da beim Accommodiren des Auges für die Ferne alle erörterten Umstände sich umkehren, so hat es keine Schwierigkeit einzusehen, dass auch unser Urtheil über die Richtung der scheinbaren Bewegung in der Dimension der Tiefe in entgegengesetzter Weise ausfällt.

Dass die erörterte Erscheinung wirklich durch die angegebenen Momente bedingt wird, und nicht etwa eine nur durch die schnelle Veränderung des Gesichtswinkels, unter welchem die Objecte erscheinen, gesetzte Täuschung ist — obschon ich die Möglichkeit einer solchen Täuschung nicht absolut leugnen will, — ersieht man leicht daraus, dass kaum eine Spur des scheinbaren Vor- und Zurücktretens bemerkt wird, wenn man den Versuch so einrichtet, dass alle jene Momente, welche nach unserer Meinung die Erscheinung bedingen, wegbleiben.

α) Ich zeichnete auf eine sogenannte STAMPFER'sche Wunderscheibe eine Reihe von Kreisen, deren Durchmesser nach der einen Seite immer kleiner und kleiner genommen wurden, bis die Reihe endlich mit einem Punkte schloss. Betrachtete ich nun diese Zeichnung durch die mit Spalten versehene Durchsichtsscheibe, so erschienen mir, je nachdem ich nach rechts oder nach links drehte, Kreise, die zu Punkten zusammenschrumpften oder Punkte, die sich zu Kreisen ausdehnten — ich konnte jedoch nichts von einem Hervor- oder Zurücktreten der Kreise und Punkte bemerken.

β) Betrachtet man einen verticalen nach unten an Dicke zunehmenden Strich durch ein feines Löchelchen, indem man denselben in gleichbleibender Entfernung senkrecht auf- und abschiebt, so dass das von dem Strich gesehene Stück stetig an Grösse ab- und zunimmt, so müsste, wenn die Vergrösserung und Verkleinerung des Gesichtswinkels, unter welchem die Objecte erscheinen, das Vor- und Zurücktreten in die Dimension der Tiefe wesentlich bedingte, der Strich sich zu nähern und zu entfernen scheinen. Dies habe ich jedoch nicht beobachten können, sondern der Strich schien mir einfach dicker und dünner zu werden, ohne seine scheinbare Entfernung zu ändern.

b) Bei dem Versuche, wo man einen nahe an das Auge gehaltenen Gegenstand durch das feine Löchelchen im Kartenblatte bedeutend vergrössert sieht, wenn das Auge für eine grössere Entfernung accommodirt ist, habe ich bei willkürlicher Veränderung des Accommodationszustandes nur Spuren einer solchen Bewegung der Gegenstände

in der Dimension der Tiefe und eines solchen Grössenwechsels derselben wahrnehmen können.

Dies kann nicht Wunder nehmen, da unter den obwaltenden Bedingungen die Veränderung des Accommodationszustandes factisch weder eine merkliche Vergrösserung und Verkleinerung der Bilder, noch einen auffallenden Wechsel der Lichtstärke, noch auch eine hinreichende Zu- und Abnahme der Zerstreuungskreise setzt.

Ueberdies wirkt das Moment der relativen Lichtstärke, welches im vorigen Falle (vgl. oben unter a) gleichsinnig mit dem Momente des Wachsthumes der Zerstreuungskreise wirkte, hier demselben entgegen.

Unter den obwaltenden Verhältnissen werden nämlich, wenn man überhaupt Spuren einer Veränderung merkt, beim Accommodiren für die Nähe die sich verkleinernden Bilder lichtstärker und optisch deutlicher, beim Accommodiren für die Ferne hingegen lichtschwächer und optisch undeutlicher.

Da die gesehenen Gegenstände im vorliegenden Falle diesseits des Accommodationspunktes gelegen sind, so ist mit der Verkleinerung der Zerstreuungskreise ein Zurückweichen, mit der Vergrösserung derselben ein Nähertreten, wie man Spuren davon wirklich bei angestrengten Accommodationsbewegungen beobachten kann, verknüpft; während die Verhältnisse der Lichtstärke, welche im ersten Falle zu- im zweiten Falle abnimmt, gerade die entgegengesetzte Beurtheilung der Bewegung der Gegenstände in der Dimension der Tiefe verlangen. Die entgegengesetzten Wirkungen dieser beiden Momente heben sich in der Art auf, dass das erstere mit einem geringen Ueberschusse die Oberhand behält und das Urtheil ganz allein bestimmt. Dieser Ueberschuss wird jedoch noch etwas abgeschwächt, indem ein Theil desselben den Einfluss der Accommodationsthätigkeit, die gerade so wie im vorigen Falle (sub *a*) in entgegengesetztem Sinne wirkt, bindet und unschädlich macht. Da zu den an und für sich unbedeutenden Veränderungen noch solche Hemmungen hinzukommen, so ist es wohl begreiflich, warum die scheinbare Entfernung und Näherung der Gegenstände in dem eben besprochenen Falle weit unbedeutender ausfallen muss, als in dem sub *a* erörterten Falle; dort hat man es mit fernen, hier mit sehr nahen Gegenständen zu thun.

c) Eine wesentliche Bestätigung erhält der von mir sub a) ad 4 aufgestellte Satz über die Art, in welcher der Grössenwechsel der Zerstreuungskreise unser Urtheil über die Entfernung eines diesseits oder

jenseits des Accommodationspunktes gelegenen Gegenstandes bestimmt, durch die folgenden Versuche und Betrachtungen.

Ich habe schon oben angegeben, dass man bei den Versuchen mit punktförmigen Diaphragmen unter übrigens gleichen Umständen aus rein optischen Gründen eine um so bedeutendere Vergrösserung oder Verkleinerung der betrachteten Gegenstände erzielt, je mehr man die punktförmige Oeffnung des Kartenblattes dem Durchkreuzungspunkte der Strahlen *bd* und *ac* nähert (vgl. Fig. 3, 4 und 5 Taf. 11 u. 12). Die bedeutendste Vergrösserung oder Verkleinerung erzielt man natürlich, wenn man die punktförmige Oeffnung mit diesem Durchkreuzungspunkte zusammenfallen lässt. Von der Beugung der Lichtstrahlen am Rande der Oeffnung sehe ich hier vorläufig ganz ab. Wenn man einen Gegenstand nahe vor das Auge bringt, während das Auge für die Ferne accommodirt ist, so dass derselbe diesseits des Accommodationspunktes zu liegen kommt, und dann zwischen Gegenstand und Auge ein durchlöchertes Kartenblatt bringt, so sieht man den Gegenstand, wie bereits erörtert wurde, mehr oder weniger stark vergrössert. Schiebt man nun das durchlöcherte Kartenblatt zwischen dem Auge und dem Gegenstande gleichsam auf der Sehaxe, welche durch das Löchelchen geht, hin und her, so bemerkt man, dass die Vergrösserung merklich zunimmt, wenn das Kartenblatt vom Auge entfernt wird, dass sie hingegen abnimmt, wenn das Kartenblatt dem Auge genähert wird. Dabei habe ich ferner den bemerkenswerthen Umstand beobachtet, dass der Gegenstand in sehr auffallender Weise in Bewegung zu gerathen und zwar während seiner Vergrösserung zugleich gegen die Oeffnung des Kartenblattes heranzutreten, während seiner Verkleinerung hingegen von derselben zurückzuweichen scheint.

Durch das Hin- und Herschieben des punktförmigen Diaphragma's bringen wir also bei unverändertem Accommodationszustande genau dieselbe Erscheinung der scheinbaren Näherung und Entfernung der Gegenstände hervor, wie sie bei feststehendem Diaphragma durch Veränderung des Accommodationszustandes mit Nothwendigkeit eintritt. Könnten wir für beide Fälle das Vorhandensein der gleichen, unser Urtheil bestimmenden wesentlichen Umstände nachweisen, so würde unser Vertrauen zu der Richtigkeit der ganzen hier mitgetheilten Betrachtungen nicht unbeträchtlich wachsen. Diesen Nachweis nun können wir in der That liefern.

Vergegenwärtigen wir uns zuerst, dass die Näherung des Diaphragma's an das Auge die gleiche Folge hat, wie das Accommodiren des Auges für die Nähe — nämlich das scheinbare

Zurückweichen des Gegenstandes; und dass die Entfernung des Diaphragma's vom Auge die gleiche Folge hat, wie das Accommodiren für die Ferne — nämlich die Näherung des Gegenstandes.

Untersuchen wir nun sofort die Umstände, welche durch das Verschieben des Kartenblattes gesetzt werden, ob es wesentlich dieselben sind, welche unser Urtheil bei der Veränderung des Accommodationszustandes bestimmen. Durch das Entfernen des Kartenblattes vom Auge wird das sich vergrössernde Bild des Gegenstandes zu gleicher Zeit lichtschwächer und undeutlicher, d. h. die Zerstreuungskreise nehmen an Grösse zu. Zufolge der Abnahme der Lichtstärke sollte uns zwar der Gegenstand zurückzuweichen scheinen; die Vergrösserung der Zerstreuungskreise bei einem diesseits des Accommodationspunktes gelegenen Gegenstande bestimmt uns aber zur entgegengesetzten Auffassung, und da dieses letztere Moment hier das bedeutendere ist, so überwindet es das erstere und wir beurtheilen die scheinbare Bewegung des Gegenstandes in seinem Sinne — als Näherung.

Schieben wir das Kartenblatt zurück, wodurch es dem Auge genähert wird, so treten die entgegengesetzten Veränderungen an dem sich etwas verkleinernden Bilde ein — es wird lichtstärker und deutlicher, d. h. seine Zerstreuungskreise nehmen an Grösse ab — und die scheinbare Bewegung muss in ihr Gegentheil umschlagen, der Gegenstand scheint zurückzuweichen.

Aus welchem Grunde und in welcher Art das Verschieben des Diaphragma's im ersten Falle eine Vergrösserung, im zweiten eine Verkleinerung der Zerstreuungskreise setzt, ersieht man leicht durch die genauere Betrachtung von Fig. 1 und 2 (Tafel 14). Dass mit der Vergrösserung der Zerstreuungskreise eine Verminderung der Lichtstärke gesetzt wird, lehrt der Augenschein — und versteht sich wohl auch von selbst.

Vergleichen wir jetzt die unser Urtheil über die Dimension der Tiefe bestimmenden Umstände, welche einerseits die Veränderung des Accommodationszustandes bei feststehendem Diaphragma, andererseits die Verschiebung des Diaphragma's bei feststehender Accommodation zur Folge hat, so werden wir finden, dass diese Umstände für beide Fälle wesentlich dieselben sind, mit dem einzigen Unterschiede, dass bei der Verschiebung des Diaphragma's der schädliche Einfluss, welchen die willkürliche Veränderung des Accommodationszustandes ausübt (vgl. oben sub b) wegfällt, wodurch es sich denn, abgesehen von der verschiedenen Grösse der hier und dort gesetzten Veränderungen,

auch zum Theil erklärt, warum die scheinbare Entfernung und Näherung des Gegenstandes bei Verschiebung des Diaphragma's ungleich auffallender und beträchtlicher ist, als bei willkürlicher Veränderung des Accommodationszustandes.

d) Liegt der Gegenstand, wie in dem sub a) betrachteten Falle, weit jenseits des Accommodationspunktes, so sieht man von der Verschiebung des Diaphragma's gar keinen Erfolg, während, wie bereits sub a) erörtert wurde, die Veränderung des Accommodationszustandes eine sehr auffallende scheinbare Bewegung der Gegenstände bedingt. Dass die Verschiebung des Diaphragma's hier keine Wirkung hervorbringt, scheint mir wesentlich darin zu liegen, dass die von fernen Gegenständen kommenden Strahlen zu wenig divergiren, als dass durch den verschiedenen Standpunkt des Diaphragma's eine wahrnehmbare Vergrösserung oder Verkleinerung der Zerstreuungskreise, wie wir eine solche für mehr divergirend auffallende Strahlen in Fig. 1 und 2 (Taf. 14) nachgewiesen haben, bedingt werden könnte. — Das Ausbleiben der Erscheinung unter diesen Umständen liefert uns zugleich einen weiteren Beweis, dass die scheinbare Bewegung der Objecte in der Dimension der Tiefe wesentlich von den angegebenen Momenten und nicht etwa lediglich von dem Grössenwechsel der Gesichtswinkel, unter welchen das Object und das Löchelchen des Kartenblattes erscheinen, abhängt.

XIX.

Ueber den Zusammenhang zwischen der Convergenz der Augenaxen und dem Accommodationszustande der Augen (sammt Zusatz).

[Wiener akadem. Sitzungsberichte 1854 u. 1855 (Physiologische Studien).]

(Hierzu Fig. 6, 7 u. 8 auf Taf. 12; Fig. 9 u. 10 auf Taf. 13 und Fig. 3 u. 4 auf Taf. 15).

Die Erfahrung lehrt, dass der Accommodationszustand der Augen immer der Entfernung des Durchkreuzungspunktes der Sehaxen entspricht, so, dass eine Veränderung des Convergenzwinkels der Sehaxen auch eine Veränderung des Accommodationszustandes der Augen und umgekehrt zur Folge hat.

Selbst wenn ein Auge geschlossen ist, gilt dieses Gesetz.

Die gegenseitige Abhängigkeit der fraglichen Vorgänge von einander lässt sich mathematisch ausdrücken und in eine Formel bringen. In der Fig. 6 (auf Taf. 12) sei A das linke, B das rechte Auge, c der Drehpunkt des linken, b der des rechten Auges, bc die Entfernung der beiden Drehpunkte von einander; $a\ a'\ a''\ a'''\ a^*\ a^{**}$ Punkte in welchen sich die Sehaxen ab und ac unter demselben Convergenzwinkels α schneiden. Diese Punkte liegen daher mit den Punkten b und c in einer Kreislinie, deren Centrum sich in C befindet.

Der Winkel α ist offenbar durch die drei Seiten der Dreiecke abc, $a'bc$, $a''bc$ etc. bestimmt.

Aus den gegebenen drei Seiten eines dieser Dreiecke muss nun α berechnet werden. Die erhaltene Formel hat aber für alle Fälle Geltung, und ist der exacte Ausdruck des oben aufgestellten physiologischen Gesetzes. In dem Dreieck $a'bc$ ist:

$$a'b = a'c \cos\alpha + bc \cos\beta \quad . \; . \; . \; . \; (1)$$
$$a'c = a'b \cos\alpha + bc \cos\gamma \quad . \; . \; . \; . \; (2)$$
$$bc = a'b \cos\beta + a'c \cos\gamma \quad . \; . \; . \; . \; (3)$$

Man multiplicire (1) mit $a'b$, (2) mit $a'c$ und (3) mit $-bc$, so erhält man:

$$a'b^2 = a'b\,a'c \cos\alpha + a'b \cdot bc \cos\beta$$
$$a'c^2 = a'b\,a'c \cos\alpha + bc\;a'c \cos\gamma$$
$$-bc^2 = -a'b\,bc \cos\beta - a'c\;bc \cos\gamma.$$

— Man addire diese 3 Gleich. $a'b^2 + a'c^2 - bc^2 = 2a'b \cdot a'c \cos\alpha$ und setze da

$$\cos\alpha = 1 - 2\sin^2\frac{\alpha}{2},$$

$$\frac{a'b^2 + a'c^2 - bc^2}{2a'b\,a'c} = 1 - 2\sin^2\frac{\alpha}{2},$$

daher

$$2\sin^2\frac{\alpha}{2} = 1 - \frac{a'b^2 + a'c^2 - bc^2}{2a'b \cdot a'c} = \frac{2a'b\,a'c - (a'c^2 + a'b^2 - bc^2)}{2a'b \cdot a'c} =$$

$$= \frac{bc^2 - (a'c - a'b)^2}{2a'b \cdot a'c} = \frac{(bc + a'c - a'b)(bc - a'c + a'b)}{2a'b \cdot a'c}$$

also

$$\sin\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{(bc + a'c - a'b)(bc - a'c + a'b)}{4a'b \cdot a'c}}.$$

Nennen wir $bc = d$, $a'b = r$, $a'c = l$, so erhalten wir

$$\sin\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{(d + l - r)(d - l + r)}{4r \cdot l}}.$$

Für den speciellen Fall, wenn der Kreuzungspunkt der Sehaxen in der Medianlinie liegt, so dass $l = r$ ist, lässt sich die Formel sehr vereinfachen, nämlich: $\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{d}{l}$.

d bedeutet die Distanz der Drehpunkte der Augen, l und r die Entfernung des Accommodationspunktes für das linke und für das rechte Auge. Dies ist jedoch nicht ganz genau, indem der Abstand des Accommodationspunktes nicht vom Drehpunkte des Auges, sondern von der Fläche der Cornea gerechnet werden muss. Daher ist l eigentlich $= \lambda + 12^{mm}$, wo λ den Abstand des Accommodationspunktes und die 12^{mm} die Entfernung des Drehpunktes von der Cornea nach Listing's Messung bedeuten.

r ist aber $= \varrho + 12^{mm}$. Diese Werthe von r und l sind in der Formel zu substituiren.

Der Verband zwischen einer bestimmten Stellung der Augenaxen und den nach unserer Formel dazu gehörigen Accommodationszuständen der Augen ist sehr innig, doch keineswegs absolut. Schon Müller fand, dass wenn man mit einem Auge nach dem Monde sieht,

und das zweite anfangs geschlossene Auge öffnet, trotz der Accommodation für die Entfernung des Mondes, ein Doppelbild wahrgenommen wird, welches allerdings sehr rasch durch schnelle Correction der Augenstellung in e i n Bild zusammenfliesst. Ueberdies haben MÜLLER und PLATEAU auch einen geringen Einfluss der Willkür auf die Accommodation, ohne dass die Axen der Augen sich nothwendig dabei verstellen, beobachtet. MÜLLER kommt daher zu dem Schlusse, dass »jene Verbindung (der Accommodation mit der Augenstellung) secundär, aber nicht eines die constante Ursache des anderen sei«. (Vergl. MÜLLER's Handbuch der Physiologie. Coblenz 1840, Bd. II, S. 337).

Durch die späteren Versuche von VOLKMANN, RUETE und DONDERS wurde MÜLLER's Ansicht über das gegenseitige Verhältniss von Accommodation und Augenstellung nicht nur bestätigt, sondern es zeigte sich, das das geheime Band, welches die beiden Vorgänge verknüpft, noch weit lockerer geschlungen sei, als es ursprünglich den Anschein hatte.

VOLKMANN hat nachgewiesen, dass das Resultat des oben citirten MÜLLER'schen Versuches beim Fixiren des Mondes, nicht nur für grosse Entfernungen der Gegenstände, wie MÜLLER meinte, sondern auch innerhalb der deutlichen Sehweite erzielt werden kann. Wird ein Auge mit der hohlen Hand bedeckt, und fixirt das andere Auge irgend einen Gegenstand, der sich in der deutlichen Sehweite befindet, so tritt derselbe allemal im Doppelbilde auf, wenn man das bedeckte Auge frei macht. Das deutlichste Bild und der Durchkreuzungspunkt der Sehaxen fallen somit nicht immer zusammen.

Hieraus folgert VOLKMANN nicht nur, dass es »zwei verschiedene Bewegungs-Apparate zur Regulirung der Augenstellung und der Accommodation geben müsse«, sondern auch, dass »beide Apparate einer gesonderten Thätigkeit fähig sind. Das Zusammenwirken beider, behufs des deutlichen Sehens, wird, nach VOLKMANN, Sache der Gewöhnung, von der wir nicht füglich ablassen können, so lange die Verhältnisse fortbestehen, unter welchen sie entstanden ist. Sehen wir aber nur mit einem Auge, oder wohl gar durch Kartenlöcher, so ändern sich die Bedingungen, und jede der beiden Thätigkeiten geht ihren eigenen Weg, ohne die andere ins Schlepptau zu nehmen«. (WAGNER's Handwb., Bd. III, Art. »Sehen«, S. 308).

RUETE machte darauf aufmerksam, dass Menschen, deren Augen eine ungleiche Sehweite haben, doch nicht schielen, wenn nicht der sogenannte Consensus der Muskeln durch andere Ursachen gestört ist, was doch, wie RUETE meint, eintreten müsste, wenn die Stellung der

Augen gegen einander mit dem Accommodationszustande in causalem Zusammenhange stünde.

Freilich sind alle Fälle, auf welche Ruete sich bezieht, von sehr geringer Bedeutung zur Feststellung des Verhältnisses zwischen Accommodation und Augenstellung, da sie blos eine abnorme oder künstliche, und nicht eine willkürliche Veränderung des Refractionszustandes des einen Auges betreffen.

Uebrigens bestätigt Ruete auch Volkmann's oben angeführte Versuche, und stellt ferner die Behauptung auf, dass Jemand, der willkürlich mit beiden Augen stark nach innen schielen kann, und dabei ein gutes Accommodationsvermögen besitzt, abwechselnd mit dem einen und mit dem andern Auge bei gleich bleibender Convergenz der Sehaxen ein Buch zu lesen im Stande sei, welches in verschiedener Entfernung vom Kreuzungspunkte der Sehaxen gehalten wird. (Lehrb. der Ophthalmologie 1845, S. 103).

Donders endlich hat folgende zwei hierher gehörige Versuche angegeben.

Sieht man mit einem Auge frei, mit dem anderen aber durch die grössere Oeffnung einer konisch sich verjüngenden Papierrolle, nach einem in der deutlichen Sehweite gehaltenen Buche, so findet man, dass die beiden Gesichtsaxen nicht auf dieselben Zeilen gerichtet sind, und selbst mit der grössten Mühe nicht auf denselben Buchstaben gerichtet werden können, während doch jedes Auge beharrlich für den Abstand des Buches accommodirt ist und bleibt.

Der zweite Donders'sche Versuch giebt zugleich ein Mittel an die Hand, die Grenze der Unabhängigkeit zwischen Augenstellung und Accommodation zu bestimmen und besteht darin, dass man einen Gegenstand bei veränderter Convergenz der Sehaxen durch verschieden starke concave und convexe Brillen fixirt. Da es unter diesen Umständen doch gelingt, das Object deutlich und einfach zu sehen, so muss sich je nach der Beschaffenheit der Brille, der Refractionszustand der Augen unabhängig von der (gleich bleibenden) Convergenz der Augenaxen geändert haben. Die Brennweiten jener convexen und concaven Linsen, bei deren Gebrauch das Vermögen den fixirten Gegenstand deutlich und einfach zu sehen, verloren geht, geben einen Anhaltspunkt zur Bestimmung der Grösse der gegenseitigen Unabhängigkeit der fraglichen Functionen. (Donders: *Over het verband tusschen het convergeren der gezigtsassen en den accommodatie-toestand der oogen*. Ned. Lancet 2. Serie, 2. Jaarg. S. 156). —

Im Folgenden erlaube ich mir meine eigenen Untersuchungen über

den vorliegenden Gegenstand, und die Resultate, welche ich mit meinen Augen erhalten habe, mitzutheilen.

Was zunächst die von MÜLLER, VOLKMANN, RUETE und DONDERS gemachten Angaben betrifft, so kann ich deren Ergebnisse nach meinen Erfahrungen fast durchgehends bestätigen. Nur in zwei Punkten bin ich zu abweichenden Resultaten gekommen.

Wenn ich DONDERS recht verstehe, so ist es ihm unter keiner Bedingung gelungen, die beiden Sehaxen durch eine willkürliche Anstrengung der Augenmuskeln auf denselben Buchstaben zu richten, wenn das eine Auge durch eine Papierdüte mit sehr kleiner Oeffnung, das andere Auge frei nach einer Druckschrift sieht.

Hat die Oeffnung der Papierdüte einen mehr als liniengrossen Durchmesser, so dass das Gesichtsfeld nicht gar zu beschränkt ist, so kostet es mich eine nur geringe Anstrengung, die Augenstellung zu corrigiren. Aber selbst dann, wenn die Oeffnung der Düte sehr klein ist, bin ich oft nach mehrmaliger vergeblicher und sehr bedeutender Anstrengung, noch immer im Stande gewesen, die Augenaxen in demselben Punkte zum Durchschneiden zu bringen.

Der Angabe RUETE's, dass man bei starkem Schielen nach innen ein Buch, welches in einer grösseren Entfernung gehalten wird, als der Durchkreuzungspunkt der Sehaxen sich befindet, abwechselnd mit einem und dann mit dem andern Auge, ohne Veränderung der Augenstellung, lesen könne, muss ich für meine Person entschieden widersprechen, obschon ich die von RUETE zu diesem Versuche geforderten Eigenschaften — ein gutes Accommodationsvermögen und die Fertigkeit stark nach innen zu schielen — in hohem Grade besitze. Ja ich glaube sogar behaupten zu dürfen, dass RUETE's Angabe kein besonderes Vertrauen verdient, da RUETE nicht sagt, dass er selbst den Versuch angestellt habe, und da ferner gar keine Erscheinungen angeführt sind, durch welche man sich überzeugen könnte, dass die Personen, welchen RUETE diese Mittheilung verdankt, richtig beobachtet haben, wozu besonders in dieser Sphäre Uebung und Geschick gehören, die eben nicht Jedermanns Sache sind.

Wenn ich ein Buch vor mir aufgeschlagen habe, und nach RUETE's Vorschrift stark nach innen schiele, so dass der Kreuzungspunkt der Sehaxen vor die Buchfläche fällt, und »die Reihen der Lettern doppelt« erscheinen, dann bin ich unter keiner Bedingung im Stande, mit völliger Klarheit die Buchstaben zu sehen; denn erzwinge ich die passende Accommodation, so tritt unabänderlich auch die Correction der Augenstellung für die Entfernung des Objectes ein. Freilich, wenn es sich bei diesem Versuche nur um das Lesen, und

nicht um deutliches Sehen handelte, dann könnte man RUETE's Angabe schon gelten lassen, indem das Lesen auch bei unvollkommener Accommodation möglich ist. —

Die Doppelreihe von Versuchen, welche ich hier folgen lasse, umfasst alle möglichen Fälle der Trennung, des Zusammenhanges der beiden Functionen, und erschöpft von dieser Seite somit den Gegenstand. Die erste Reihe (*A*) bezieht sich auf die Fälle, ob und in wie weit bei festgehaltener Accommodation die Sehaxen vor oder hinter den Accommodationspunkt zur Durchkreuzung zu bringen sind, während die zweite Reihe (*B*) die Fälle behandelt, wo bei unverrückter Augenstellung der Accommodationspunkt vor oder hinter den Durchkreuzungspunkt der Sehaxen fallen soll.

Ich habe die Augen unter keine künstlichen Bedingungen gebracht, wie z. B. DONDERS, sondern alle Resultate durch blosse willkürliche Anstrengung erzielt.

A. 1. Halte ich ein aufgeschlagenes Buch in der deutlichen Sehweite vor mich hin, so gelingt es mir, durch eine willkürliche Anstrengung der Augenmuskeln, den Durchkreuzungspunkt der Sehaxen in verschiedene Entfernung hinter die Buchfläche fallen zu lassen, während doch beide Augen für den Abstand des Buches accommodirt bleiben. Bei myopischen Individuen findet dieses Verhältniss der Accommodation zur Augenstellung immer Statt, wenn sie entfernte Objecte fixiren. Dabei erscheint die Druckschrift natürlich im Doppelbilde. Je weiter hinter das Buch der Kreuzungspunkt der Sehaxen fällt, desto weiter treten auch die Doppelbilder auseinander.

Der Abstand der Doppelbilder ist gleich dem Abstande der beiden Punkte, wo die Sehaxen die Buchfläche schneiden, und zeigt also an, um wie viel das eine Auge nach aussen gedreht worden sei, wenn das andere unverrückt geblieben ist.

Die Fig. 7 auf Taf. 12 erläutert den ganzen Vorgang. Es sei *A C* die Buchfläche, *L* das linke, *R* das rechte Auge; *m* ein Buchstabe, welcher zuerst von beiden Augen fixirt wird, und daher einfach und deutlich erscheint.

Wird nun das Auge *R* nach aussen gedreht, so dass die Verlängerung seiner Axe den Punkt *n* trifft, während das Auge *L* seine Stellung beibehält, so ist dann *o* der Durchkreuzungspunkt der Sehaxen, und α' der Convergenzwinkel, welcher kleiner ist, als der frühere Winkel α.

Der Buchstabe *m* muss nun im Doppelbilde erscheinen, und zwar steht *m'*, das zweite Bild von *m*, eben so weit von *m* auf der linken Seite ab, als der Punkt *n* von *m* auf der rechten Seite entfernt ist, in-

dem *m* und *n* an demselben Punkte im Raume gesehen werden, weil ihre Bilder auf identische Stellen der Netzhaut, die gelben Flecke, fallen. Die Bilder, welche das rechte und das linke Auge von der Druckschrift vermitteln, erscheinen über einander verschoben. Das rechte Auge vermittelt das linke, das linke Auge das rechte der Doppelbilder. Die punktirte Linie $A'C'$ zeigt die Stellung des dem rechten Auge entsprechenden Doppelbildes in Beziehung auf das dem linken Auge entsprechende Bild AC. Da die Augen trotz der Verstellung der Augenaxen beharrlich für die Entfernung der Buchfläche accommodirt bleiben, so haben diese Doppelbilder das Eigenthümliche, dass immer eines derselben scharf und deutlich gesehen werden kann. Wo sonst beim Binocularsehen Doppelbilder zu entstehen pflegen, dort fallen sie meist beide in das indirecte Sehfeld, und entstehen immer unter ungünstigen Accommodationsverhältnissen, können daher auch nie scharf und deutlich erscheinen.

Je nachdem man die Aufmerksamkeit in dem einen oder in dem anderen Auge concentrirt, kann man den Wettstreit der Sehfelder, der unter den Bedingungen des Versuches nothwendig eintreten muss, zu Gunsten dieses oder jenes Auges entscheiden, und bald mit dem rechten, bald mit dem linken Auge mit aller Deutlichkeit die Buchstaben sehen und lesen. Beiläufig will ich bemerken, dass sich die Pupille merklich verkleinert, wenn man die Augenaxen wieder unter dem alten und legitimen Convergenzwinkel α sich kreuzen lässt.

Ich bin, während des Anstellens des aus einander gesetzten Versuches, im Stande, die Doppelbilder nach Belieben mehr auseinander treten zu lassen, und dann wieder zu einem Bilde zu verschmelzen. Es giebt jedoch für meine Willkür einen grössten Abstand der Doppelbilder, den ich trotz aller Anstrengung nicht überschreiten kann — dann ist die Grenze der Unabhängigkeit der Augenstellung von dem betreffenden Accommodationszustande erreicht. Für verschiedene Accommodationszustände sind die Grenzen der Unabhängigkeit nicht dieselben.

Stelle ich den mitgetheilten Versuch mit einem mehrere Fuss weit entfernten Objecte, oder mit noch entfernteren Gegenständen an, z. B. mit dem Fenster eines auf der entgegengesetzten Seite der Strasse liegenden Hauses, mit einem Kirchthurm und dergl., so kann ich die Doppelbilder weit mehr aus einander treten lassen, als wenn ich den Versuch mit einem nur wenige Zoll entfernten Gegenstande vornehme.

Unter solchen Umständen bringe ich die Augenaxen zum Parallelismus, ja selbst zur Divergenz.

Die Augenaxen schneiden sich dann hinter meinem Kopfe. Ich

liefere hiermit den Beweis, dass man die Augenaxen willkürlich divergiren lassen kann.

Um keinen Zweifel über die Richtigkeit dieser Behauptung zu lassen, habe ich Fig. 8 (Taf. 12) entworfen, wo AC den fixirten, mehrere Fuss breiten und an 100 Schritte entfernten Gegenstand bedeutet. L ist das linke, R das rechte Auge. Beide Augen fixiren zuerst den Punkt C. Ich bin nun im Stande die Augen so zu stellen, dass AC im Doppelbilde erscheint und zwar so, dass das Bild, welches vom linken Auge stammt, rechts neben das Bild des rechten Auges zu stehen kommt und die Punkte A' und C sich decken. Die Stellung dieses Bildes entspricht also der Linie $A'C'$. Dieses Verhalten erklärt sich einfach aus dem Umstande, dass das linke Auge um den Winkel β nach aussen gedreht, mit seiner optischen Axe den Punkt A des Objectes traf. Nun verlängere man die Linien Ac und Cb bis sie sich schneiden, so findet man o als den hinter den Augen gelegenen Durchkreuzungspunkt der Augenaxen. α' ist der Divergenz- oder der negative Convergenzwinkel der Sehaxen.

Bei genauerer Betrachtung der Fig. 7 und Fig. 8 erkennt man leicht, wie man durch eine sehr einfache Construction oder durch eine eben so einfache Rechnung das jeweilige Verhältniss zwischen dem Refractionszustande der Augen und dem Convergenzwinkel der Sehaxen ganz genau bestimmen kann.

Kennt man die Entfernung bc der Drehpunkte der Augen von einander[1], ferner den Abstand der Augen von dem Gegenstande und endlich die Entfernung der Doppelbilder von einander, so kann man nach dem in Fig. 7 und Fig. 8 gegebenen Schema für jeden speciellen Fall eine genaue Zeichnung entwerfen und die Grösse der Trennung des legitimen Zusammenhanges zwischen Accommodation und Augenstellung angeben.

Statt der umständlichen Construction lässt sich folgende einfache Berechnung anstellen. Für den in Fig. 7 dargestellten Fall verhält sich

[1] Die Bestimmung des Abstandes der Drehpunkte der Augen von einander geschieht nach Listing folgendermaassen: Man fixirt einen sehr entfernten Gegenstand, z. B. eine entfernte Kirchthurmspitze, einen Blitzableiter u. dgl. und bringt knapp vor jedem Auge ein durchlöchertes Kartenblatt an. Hat man die Löchelchen für jedes Auge genau centrirt, so braucht man nur die Entfernung der Löchelchen von einander zu messen, und hat dann mit hinreichender Genauigkeit die gesuchte Distanz. Listing hat sich zu diesen Messungen einen eigenen Apparat construiren lassen, an welchem die Verschiebung zweier fein durchlöcherter Metallplatten vermittelst einer Mikrometerschraube geschieht und durch einen Nonius sehr genau abgelesen wird.

$$mo : mo + mc = mn : bc \text{ und } no : no + nb = mn : bc.$$

Es ist also:

$$mo = \frac{mc \cdot mn}{bc - mn}, \quad no = \frac{nb \cdot mn}{bc - mn}.$$

Da man somit alle drei Seiten der Dreiecke *mon* und *cob* kennt, so lässt sich nach der Eingangs gegebenen Formel der Winkel α' leicht finden.

Für den zweiten Fall (Fig. 8), lässt sich dasselbe Verfahren anwenden, nur verhält sich dann

$$ob : ob + bC = cb : AC \text{ und } oc : oc + cA = cb : AC.$$

Ist der grösste Abstand der Doppelbilder, welchen ein Beobachter für einen bestimmten Accommodationszustand zu erzwingen im Stande ist, der Construction oder Berechnung zu Grunde gelegt, so gibt das gefundene Verhältniss von α' zu der Entfernung des Accommodationspunktes die individuelle Grenze der Unabhängigkeit der Augenstellung von dem Accommodationszustande der Augen.

Ich erreiche hiermit auf einem viel einfacheren Wege eben so viel, als Donders durch seine oben mitgetheilte Methode. Ich vermuthe, dass man nach Donders' Methode grössere Grenzwerthe erhalten wird, als nach der meinigen, weil die künstlichen Bedingungen, unter welche Donders die Augen bringt, die gesonderte Thätigkeit der beiden Functionen unterstützen, während bei meinem Versuche die blosse willkürliche Anstrengung der Augenmuskeln die Tendenz zur Correction der Augenstellung überwinden muss.

Uebrigens bezieht sich die Donders'sche Messungsmethode eigentlich auf die weiter unten unter *B* 1 und 2 beschriebenen Fälle der Trennung des behandelten functionellen Zusammenhanges. —

Es wird nicht Jedermann sogleich gelingen, den Durchkreuzungspunkt der Sehaxen hinter den Gegenstand fallen zu lassen, für dessen Entfernung der Refractionszustand der Augen eingerichtet ist. Nur durch anhaltende und anstrengende Uebungen erlangt man die Fertigkeit durch den Gegenstand gleichsam hindurchzusehen — ohne zugleich den Accommodationszustand zu ändern. Am leichtesten erreicht man den Zweck, wenn man ein Auge abwechselnd schliesst und öffnet, denn beim Oeffnen des geschlossenen Auges erscheint, wie schon vor Volkmann's Angaben bekannt war, der fixirte Gegenstand im Doppelbilde; und zwar sieht das eben geöffnete Auge den Gegenstand auf der entgegengesetzten Seite des Bildes, welches das andere offene Auge erzeugt, und zugleich etwas tiefer. Während des Schliessens und Oeffnens hat also das Auge seine Stellung in verticaler und horizontaler Richtung verändert. Die Verschiebung in verticaler

Richtung corrigirt sich beim Oeffnen des Auges fast augenblicklich. Das Auseinandertreten der Bilder in horizontaler Richtung hingegen kann man nach manchen vergeblichen Versuchen nicht nur beliebig lange festhalten, sondern auch bis zu dem Maximum steigern lernen, welches unmittelbar nach dem Oeffnen des geschlossenen Auges auftritt. Je weiter der Gegenstand entfernt ist, desto mühsamer und anstrengender wird der Versuch und gelingt mir nicht mehr ohne die Beihülfe des Schliessens und Oeffnens eines Auges. Ich habe auch bemerkt, dass die Augenmuskeln nach lange fortgesetztem Experimentiren leicht so ermüden, dass die schon oft gelungenen Versuche durchaus nicht gelingen wollen.

Das Wachsen der Schwierigkeit des Versuches mit der Zunahme der Entfernung des Gegenstandes kann nicht befremden: denn man muss bedenken, dass die Augenaxen schon den Parallelismus erreicht haben, wenn der Abstand der Doppelbilder gleich ist dem Abstande der Drehpunkte der Augen, und bereits zu divergiren beginnen, wenn der Abstand der Doppelbilder noch um ein Minimum grösser wird.

Für entferntere Gegenstände ist der Abstand der Doppelbilder aber sehr bald gleich, ja grösser als der Abstand der Drehpunkte. Dass man unter diesen Umständen beim Versuch mit entfernteren Gegenständen die Augenmuskeln mehr anstrengen muss, als wenn die Objecte näher liegen, ist wohl begreiflich, wenn man im ersteren Fall Objecte von *ungleich grösserer* Breite als im zweiten Falle, in dem *gleichen* relativen Maasse zu Doppelbildern auseinandertreten lassen will.

Ich rathe aus diesem Grunde Jenen, welche sich von der Richtigkeit meiner Angabe über das willkürliche Divergirenlassen der Augenaxen durch Autopsie überzeugen wollen, Gegenstände zum Versuch zu wählen, welche nur einige Fuss weit entfernt sind. Es wird Ihnen hier leichter gelingen, den Durchkreuzungspunkt hinter den Accommodationspunkt aus *freien Stücken* fallen zu machen, als bei entfernteren Objecten. Hat man nur erst ein Doppelbild zu Stande gebracht, dann erfolgt das weitere Auseinandertreten desselben mit Leichtigkeit, wenn man der nun eintretenden auf eigenthümliche Art sich *fühlbar machenden* Bewegungs-Tendenz der Augen nicht hemmend entgegenwirkt, sondern dieselbe durch willkürliche Anstrengung befördert.

A 2. Bei unveränderter Accommodation für die Entfernung des Gegenstandes wollte es mir durchaus nicht gelingen, den Durchkreuzungspunkt der Sehaxen *vor* den Gegenstand fallen zu lassen. Presbyopische Individuen befinden sich hingegen durch die Mangel-

haftigkeit ihres Accommodationsvermögens stets in diesem Falle, wenn sie nahe Gegenstände fixiren. Sobald ich den Convergenzwinkel der Sehaxen durch willkürliche Drehung der Augen nach innen vergrösserte, trat auch stets die entsprechende Veränderung des Accommodationszustandes ein. (Vgl. das zu RUETE's Behauptung Bemerkte, so wie das weiter unten unter *B* 2 Gesagte.)

B 1. Ich komme nun zu dem zweiten Paar von Versuchen, welche sich von den unter *A* mitgetheilten Experimenten, wie bereits erwähnt, dadurch unterscheiden, dass es sich hier darum handelt zu zeigen, ob und in wie weit, bei beharrlich festgehaltener Augenstellung der Accommodationszustand willkürlich geändert werden könne, während dort gezeigt wurde, in wie weit bei festgehaltenem Accommodationszustande der Convergenzwinkel der Sehaxen willkürlich vergrössert oder verkleinert werden kann.

Spannt man einen dünnen Faden senkrecht zur Gesichtsfläche und in der Medianlinie auf, so wird er, wenn man einen beliebigen Punkt desselben mit beiden Augen fixirt, bis auf eben diesen Punkt doppelt gesehen werden. Fixirt man die Mitte des Fadens, so erscheinen zwei Fäden, die sich in der Mitte durchkreuzen, und von denen der eine, dessen dem Auge zugekehrtes Ende vor dem Durchkreuzungspunkte links liegt, dem rechten; der andere, dessen dem Auge zugekehrtes Ende vor dem Durchkreuzungspunkte rechts liegt, dem linken Auge gehört. Zugleich wird man bemerken, dass jeder dieser Fäden nur eine kurze Strecke in der Mitte klar und deutlich gesehen wird, während die Deutlichkeit gegen das dem Auge zu- und abgewendete Ende immer mehr abnimmt, und einer nebelhaften Verbreitung des Fadens Platz macht. Jeder Faden erscheint in Form einer Accommodationslinie i. w. S. (vgl. Nr. XVII). Die Accommodationspunkte derselben fallen mit dem Durchkreuzungspunkte der Fäden und daher auch der Sehaxen zusammen, wie in Fig. 9 (Taf. 13) dargestellt ist.

Wenn man den Blick auf dem Faden hin und her schweifen lässt, so rücken in demselben Maasse der Durchkreuzungspunkt der Doppelbilder und die dünnen deutlich gesehenen Stellen des Fadens hin und her — in Folge des gesetzmässigen Zusammenhanges zwischen der Augenstellung und dem Accommodationszustande.

Es gelingt jedoch bei beharrlich festgehaltener Augenstellung für einen nähern Punkt als den Durchkreuzungspunkt der Sehaxen zu accommodiren.

Der Durchkreuzungspunkt der Doppelbilder bleibt dann unverrückt, während die beiden deutlichen, den Accommodationslinien im

engeren Sinne entsprechenden Stellen der Fäden den Augen sich nähern. (Siehe Fig. 10 auf Taf. 13).

Der Durchkreuzungspunkt der Doppelbilder liegt dann jenseits der deutlichen Stelle des Fadens.

Das Resultat dieses Versuches stimmt ganz mit dem des unter *A* 1 beschriebenen Versuches überein — nur mit dem Unterschiede, dass das gesetzwidrige Verhältniss des Accommodationszustandes zur Augenstellung dort durch willkürliche Aenderung der Augenstellung, hier durch Aenderung des Accommodationszustandes erzwungen wurde.

Schon Plateau und Müller theilten nach Beobachtungen an sich mit, dass sie durch eine Abänderung des Refractionszustandes das Undeutlichwerden der Gegenstände ohne Veränderung der Stellung der Augen, also ohne Erzeugung von Doppelbildern hervorbringen könnten. Müller glaubte zwar anfangs, dass dennoch Doppelbilder, welche sich zum Theile decken und desshalb der Wahrnehmung entgehen, vorhanden sein dürften, kam aber später von dieser Ansicht mit Recht zurück. Mein oben angeführter Versuch mit dem Faden gibt hierüber die vollste Gewissheit, indem bei der unbedeutendsten Verstellung der Augen der Durchkreuzungspunkt der beiden Bilder des Fadens verschoben wird, entweder dem Auge näher rückt, oder von dem Auge sich entfernt. Nun liess sich aber bei gelungenen Versuchen keine Spur einer solchen Verrückung des Durchkreuzungspunktes beobachten, also muss in diesen Fällen die Convergenz der Sehaxen unverändert geblieben sein, und konnte nicht an eine Entstehung von Doppelbildern gedacht werden, welche etwa zur Erklärung des Undeutlichwerdens der Gegenstände zu benützen gewesen wären.

Auch diesen Versuch kann man, wie den unter *A* 1 beschriebenen zur Bestimmung der Grösse der Trennung des Zusammenhanges zwischen Augenstellung und Accommodation benützen.

Man braucht nur den Abstand zwischen dem Durchkreuzungspunkt der beiden Bilder des Fadens und den Accommodationspunkten mit dem Zirkel direct zu messen. Diese Messung auszuführen, ist jedoch aus doppeltem Grunde schwierig, indem erstlich der Accommodationspunkt in der Accommodationslinie i. e. S. nicht markirt ist, und weil zweitens überdies jene Punkte des Fadens, für welche das Auge accommodirt ist, indirect gesehen werden. Die gesuchte Distanz kann also nur geschätzt, nicht eigentlich gemessen werden.

Jene Stelle des Fadens, für welche die Augen accommodirt sind, erscheint im Doppelbilde, während für den einfach gesehenen Durchkreuzungspunkt nicht accommodirt ist, und derselbe daher in einem

zerstreuten Bilde erscheint. Dies ist ein bemerkenswerther Beitrag zur Lehre von den Doppelbildern, welche beim Sehen mit zwei Augen entstehen.

B 2. Bei unverrückter Convergenz der Sehaxen, für einen jenseits des Durchkreuzungspunktes gelegenen Punkt des Fadens zu accommodiren, bin ich durchaus nicht im Stande.

Dies Resultat entspricht ganz der unter *A* 2 gemachten Mittheilung, dass ich aus freien Stücken den Durchkreuzungspunkt der Sehaxen nicht vor den Accommodationspunkt fallen lassen kann.

Sobald ich für ferner gelegene Punkte accommodire, stellt sich auch unabänderlich der entsprechende gesetzmässige Convergenzwinkel der Augenaxen her.

Obschon für mich unter gewissen künstlichen Bedingungen der Punkt, für welchen die Augen accommodirt sind, jenseits des Durchkreuzungspunktes der Sehaxen liegen kann, so ist doch die Trennung des Zusammenhanges der Accommodation mit der Augenstellung, in dieser Richtung meiner Willkür ganz entzogen.

Solche künstliche Bedingungen liefert der oben citirte DONDERS'sche Versuch mit convexen Brillen. Die Sehaxen behalten beim Versuche dieselbe Neigung gegen einander, aber der Refractionszustand der Augen ändert sich in der Weise, dass er für einen entfernteren Punkt als den Durchkreuzungspunkt der Sehaxen passt, indem die die Brennweite des Auges verkürzende Wirkung der convexen Brillen durch die Accommodation für die Ferne compensirt werden muss.

Dies Verhalten scheint mir von Wichtigkeit, da sich hieraus zweierlei folgern lässt: Erstens, dass beim DONDERS'schen Versuche gewisse Bedingungen obwalten, welche diese Trrennung des Zusammenhanges derart begünstigen, dass ohne dieselben der Zusammenhang in der angegebenen Richtung durch blosse Willkür, wie es scheint, gar nicht gelöst werden kann; und zweitens, dass der Verband zwischen Accommodation und Augenstellung in verschiedenen Richtungen, in verschiedenen Graden fest und innig ist.

Ich weiss nicht ob die mitgetheilten Beobachtungen aus einer individuellen Beschaffenheit meiner Sehorgane zu erklären sind, oder ob sie sich auf ein allgemein gültiges physiologisches Gesetz beziehen, und ob ich nicht selbst, durch anhaltend fortgesetzte Uebungen, die Trennung des Zusammenhanges der beiden Functionen auch in dieser Richtung am Ende doch noch in meine Willkür bekommen könnte; allein so viel steht für mich unter allen Umständen fest, dass der Verband zwischen beiden Functionen in der unter *A* 2

und *B* 2 behandelten Beziehung inniger und fester ist, als in jeder anderen.

Am Eingange dieses Paragraphes habe ich als ein empirisch gefundenes physiologisches Gesetz, den Satz aufgestellt, dass der »Accommodationszustand der Augen immer der Entfernung des Durchkreuzungspunktes der Sehaxen entspricht, so dass eine Veränderung des Convergenzwinkels der Augenaxen auch eine Veränderung des Accommodationszustandes der Augen und umgekehrt zur Folge hat.«

Ueber die Richtigkeit dieses Satzes kann kein Zweifel sein, denn nur unter den in ihm enthaltenen Bedingungen ist ein deutliches Sehen mit beiden Augen möglich, allein die Vollständigkeit der Entwickelung des aufgestellten Gesetzes fordert noch die Erläuterung einer Consequenz, welche in der Formulirung des Gesetzes nicht ausdrücklich aufgenommen ist.

Unterwirft man Fig. 6 (Taf. 12) einer aufmerksamen Betrachtung, so wird man finden, dass, da der Accommodationszustand der Augen immer der Entfernung des Durchkreuzungspunktes der Sehaxen entspricht, der Accommodationszustand der Augen sich ändern kann, ohne dass der Convergenzwinkel der Augenaxen verändert wird.

Dies scheint mit obigem Gesetze im Widerspruche zu stehen, genauer genommen ist es jedoch eine nothwendige Consequenz aus demselben. Die in einem MÜLLER'schen Horopter gelegenen Punkte liegen in verschiedener Entfernung von den Augen, verlangen aber den gleichen Convergenzwinkel der Sehaxen, um einfach gesehen zu werden, weil sie in der Peripherie eines Kreises liegen, welche die Drehpunkte der beiden Augen gleichfalls enthält und weil die derselben Sehne entsprechenden Peripheriewinkel unter sich gleich sind.

Da die im Horopterkreise liegenden Punkte die Durchkreuzungspunkte der Sehaxen sind, jedes Auge aber für die Entfernung dieses Durchkreuzungspunktes accommodirt ist, und da ferner bis auf einen Punkt (*a* in Fig. 6) alle übrigen dem einen Auge näher stehen als dem anderen, so folgt daraus, dass der Accommodationszustand des rechten Auges nur dann mit dem des linken Auges übereinstimmt; wenn die Augen den in der Medianlinie gelegenen Punkt (*a* in Fig. 6) fixiren, während in allen übrigen Fällen die beiden Accommodationszustände nach einem bestimmten Verhältnisse differiren.

Lässt man beide Augen sämmtliche rechts von der Medianlinie gelegenen Punkte des Horopters in ihrer stetigen Folge fixiren, so

rückt der Accommodationspunkt des linken Auges immer weiter ab, während der des rechten Auges sich immer mehr nähert, indem sich für das linke Auge die Entfernung der Punkte immer mehr vergrössert und dann ihr Maximum erreicht, wenn die Sehaxe durch den Mittelpunkt *C* des Horopters geht. Nachdem die Entfernung des Accommodationspunktes ihr Maximum erreicht hat, wird sie wieder kleiner, allein der Accommodationspunkt steht dem rechten Auge, dem die Punkte des Horopters von Anfang an näher gerückt sind, stets näher, als dem linken Auge. Für die linke Hälfte des Horopters gilt dasselbe wie von der rechten, natürlich *mutatis mutandis*.

Je kleiner der Durchmesser des Horopters ist, desto bemerklicher erscheinen die Differenzen zwischen den Accommodationszuständen der Augen, da sich aus Nr. XVII ergeben hat, dass die Accommodationslinien i. e. S. für kleinere Entfernungen immer kürzer ausfallen und daher Differenzen hervortreten lassen, welche für grössere Entfernungen spurlos verschwinden würden.

Die erforderliche Differenz der Accommodationszustände beider Augen kann so bedeutend werden, dass es den Augen unmöglich wird, dieselben festzuhalten, z. B., wenn man dem einen Auge einen Gegenstand so sehr nähert, dass das andere denselben, knapp am Nasenrücken vorbeisehend, eben noch wahrnehmen kann. Mit grosser Anstrengung wird man unter diesen Umständen die Entstehung eines Doppelbildes verhindern können. Erzwingt man ein einfaches Bild, dann kann man durch abwechselndes Schliessen und Oeffnen der Augen sich überzeugen, dass nicht mehr beide Augen für den fixirten Gegenstand accommodirt sind.

Aus dem eben Mitgetheilten ergibt sich, dass es ganz normale Verhältnisse gibt, wo für einen bestimmten Convergenzwinkel das eine Auge für einen entfernteren, das andere für einen näher gelegenen Punkt accommodirt ist, als wenn die Augen unter demselben Winkel in einem in der Medianlinie gelegenen Punkt convergiren und einen gleichen Refractionszustand angenommen haben, und ferner, dass der Verband der beiden Functionen gewisse natürliche Grenzen hat, ähnlich wie die Beweglichkeit der Gelenke in gewissen Richtungen limitirt ist. Demnach müssen wir die Formulirung des behandelten physiologischen Gesetzes etwa folgendermassen ändern, um allen Verhältnissen Rechnung zu tragen.

Wo ein deutliches Sehen mit beiden Augen möglich ist, entsprechen die Refractionszustände der Augen immer der relativen Entfernung des Durchkreuzungspunktes der Sehaxen, so zwar, dass jede Veränderung

der Augenstellung eine entsprechende Veränderung der Refractionszustände der Augen, und umgekehrt, zur Folge hat.

Schliesslich erlaube ich mir noch einige Gedanken über das Wesen dieses Zusammenhanges mitzutheilen.

VOLKMANN bezeichnet den Verband zwischen Accommodation und Augenstellung schlechthin als »Sache der Gewöhnung«. Mir scheint jedoch diese Erklärungsweise nicht auszureichen, obschon sie ohne Zweifel ein berechtigtes Moment enthält. Ich glaube, dass die Bewegungscentra für die verknüpften Thätigkeiten in einem solchen organischen Verhältnisse und Zusammenhange gedacht werden müssen, dass sich der Reiz, welchen der Wille auf das eine derselben ausübt, nothwendig auch auf das andere überträgt und daselbst ein bestimmtes Quantum Bewegung auslöst.

Der Beweis für diese Art der Verkettung liegt, wie mir scheint, darin, dass selbst das verdeckte Auge seine Stellung um ein Bestimmtes ändert, wenn das offene einen anderen Accommodationszustand annimmt (vgl. MÜLLER a. a. O. S. 336). Zu bemerken ist jedoch dabei, dass, wenn das geschlossene oder verdeckte Auge auch in Folge der Veränderung des Refractionszustandes des offenen seine Stellung nothwendig ändert, diese Aenderung doch niemals eine genaue Einstellung desselben auf jenen Gegenstand, welchen das offene Auge fixirt, nach sich zieht, indem, wie oben gezeigt wurde, beim Oeffnen des geschlossenen Auges Doppelbilder wahrgenommen werden. Die genaue Correction der Augenstellung erfolgt erst dann, wenn beide Augen offen sind — und zwar rasch und unwillkürlich. Ermöglicht und geleitet wird die Correction durch die Doppelbilder, indem dieselben in dem Maasse sich decken, als die Stellung der Augen verbessert wird; sie sind daher der Leitstern der corrigirenden Thätigkeit. Es ist hiermit etwa so wie mit den zweckmässigen Bewegungen, welche wir unbewusst zur Erhaltung des Gleichgewichtes ausführen, wobei uns gewisse durch den Verlust des Gleichgewichtes gesetzte Empfindungen leiten.

Wie mächtig diese instinctive Correction, welche in Folge des Bestrebens einfach und deutlich zu sehen, und in Folge der Gewöhnung eintritt, sei, ersieht man aus den Versuchen mit Brillengläsern, welche DONDERS angegeben hat. (Siehe oben S. 246). Ich habe schon früher darauf hingewiesen, dass diese Versuche Bedingungen setzen müssen, unter welchen die Trennung des legitimen und gewohnten Zusammenhanges zwischen Accommodation und Augenstellung leichter möglich ist und selbst in jener Richtung, in wel-

cher die Trennung aus freien Stücken, mir zum wenigsten, niemals gelingen wollte.

Hier, glaube ich, hat man den Schlüssel zu diesem Räthsel. Beim DONDERS'schen Versuche sieht man eben mit beiden Augen und würde doppelt und undeutlich sehen, wenn sich die Augen den, von der Norm etwas abweichenden Bedingungen des Versuches nicht fügen wollten. Es macht sich hier die Tendenz einfach und klar zu sehen geltend, und erzwingt, selbst gegen die bisherige Gewohnheit, die geforderte ungewöhnliche Combination von Augenstellung und Accommodation.

Stellt man den DONDERS'schen Versuch an, so befindet man sich ganz in der Lage eines Kindes, das eben erst sehen lernt; nur dass das Kind noch keinen alten Verbindungen zwischen den Thätigkeiten entgegenzuwirken hat, wie wir. Dass die gesetzmässige Verkettung der beiden Functionen auf die oben angedeutete Art zu Stande kommt, und durch Gewöhnung befestigt wird, unterliegt wohl kaum einem Zweifel, dennoch bin ich aber der Meinung, dass der fragliche Zusammenhang überdies eine organische Grundlage haben dürfte. Schon oben setzte ich einen materiellen Zusammenhang der Bewegungscentra der beiden Functionen voraus, um die Mitbewegungen des geschlossenen Auges begreiflich zu machen. Hier glaube ich diese Voraussetzung noch durch die Hinweisung auf die verschiedene Festigkeit des Verbandes in verschiedenen Richtungen und auf die bestimmten individuellen Grenzen, welchen man, beim Versuche den gesetzmässigen Zusammenhang zwischen Accommodation und Augenstellung willkürlich zu stören, — und selbst beim DONDERS'schen Versuche — begegnet, stützen zu können; man müsste denn diese individuellen Grenzen und den verschiedenen Grad des Zusammenhanges in verschiedenen Richtungen, schlechthin für das Resultat der Gewöhnung erklären wollen. Wogegen man aber einwenden könnte, dass sich die Gewöhnung offenbar nur auf ein bestimmtes Verhältniss von Accommodation und Augenstellung, und nicht auf Grenzen der Trennung dieses Zusammenhanges beziehen kann.

Abgesehen davon, könnte man weiter fragen, wie soll, vorausgesetzt der Zusammenhang beruhte auch noch auf einer materiellen Beziehung der Bewegungscentra, wie soll die durch die oben mitgetheilten Versuche bewiesene willkürliche Trennung des Zusammenhanges möglich sein? Ganz auf dieselbe Weise wie es möglich ist, dass ein Kind, das anfangs alle Finger zu gleicher Zeit beugt und streckt, nach und nach die einzelnen Finger isolirt bewegen lernt, und in seine Gewalt bekommt.

Zusatz.

Ich habe seit der Veröffentlichung der I. Abtheilung dieser »Studien« auch einige neue in diese Abhandlung gehörige Versuche und Beobachtungen gemacht, welche ich hier nachzutragen mir erlaube, weil dieselben, wie mir scheint, zur Aufklärung der Art jenes eigenthümlichen Zusammenhanges zwischen Accommodation und Augenstellung wesentlich beitragen und zur weiteren Bestätigung meiner am Schlusse des Paragraphen über diesen Punkt ausgesprochenen Ansicht dienen dürften.

a) Mit der willkürlichen Vergrösserung des Convergenzwinkels der Sehaxen ist selbst dann eine Einstellung des Accommodationsapparates für die Nähe unabänderlich verknüpft, wenn die Augen bereits für einen näheren Punkt, als den Durchkreuzungspunkt der Sehaxen accommodirt sind.

Von der Richtigkeit dieser beachtenswerthen Thatsache kann man sich leicht überzeugen, wenn man den Donders'schen Versuch mit der Papierdüte anstellt, und sich bemüht die hinter der Buchfläche sich schneidenden Sehaxen durch willkürliche Vergrösserung des Convergenzwinkels auf oder in derselben zum Durchschneiden zu bringen. In Fig. 3 (Taf. 15) ist *L* das linke, *R* das rechte Auge, *l* und *r* sind ihre respectiven Drehpunkte, *A B* die in deutlicher Sehweite befindliche Buchfläche, und *D* die vor das linke Auge gehaltene Papierdüte. Die Sehaxen schneiden sich hinter der Buchfläche in *C*, während die Augen für die Entfernung der Druckschrift und nicht für die Entfernung des Punktes *C* accommodirt sind. Es findet hier also eine ungesetzmässige Combination zwischen Accommodation und Augenstellung statt, welche nur entweder durch Veränderung des Accommodationszustandes oder des Convergenzwinkels der Sehaxen corrigirt werden kann.

Wendet man das rechte Auge so weit nach innen, dass seine Sehaxe den vom linken Auge durch die Papierdüte hindurch fixirten Punkt *m* trifft, so sollte man erwarten, dass sich der Accommodationszustand der Augen nicht ändern werde, indem die falsche Augenstellung durch die willkürlich herbeigeführte Vergrösserung des Convergenzwinkels der Sehaxen corrigirt wird. Diese Erwartung wird jedoch — wie der Versuch lehrt — vollkommen getäuscht, denn während man den Convergenzwinkel der Sehaxen vergrössert, accommodiren sich die Augen für die Nähe, so zwar, dass wenn der Durchkreuzungspunkt der Sehaxen endlich mit dem Punkte *m* zusammenfällt, die Accommo-

dationspunkte der Augen mit den näher gelegenen Punkten *a* und *b* zusammenfallen und die Druckschrift wohl nicht mehr im Doppelbilde, dafür aber undeutlich, d. h. in Zerstreuungskreisen erscheint. Die gesetzmässige Combination von Accommodation und Augenstellung bleibt also in ähnlicher Weise gestört, wie vor der beabsichtigten Correctionsbewegung, weil der Zusammenhang der Centren der beiden Functionen von der Art ist, dass sie in dieser Richtung durch den Willensimpuls nicht isolirt, sondern nur gemeinschaftlich erregt werden können.

b) Hält man die gewonnene Augenstellung, bei welcher *m* der Durchkreuzungspunkt der Sehaxen ist, fest und versucht die Augen, welche für die Entfernung der Punkte *a* und *b* eingestellt sind, für *m* zu accommodiren — wodurch das gesetzmässige Verhältniss zwischen Accommodation und Augenstellung herbeigeführt werden würde —, so wird die Correctionsbewegung um so mehr Mühe und Anstrengung kosten, je mehr das Gesichtsfeld des linken Auges durch die Papierdüte beschränkt ist, ja es wird bei jedem Versuche die Augen für *m* zu accommodiren, der Durchkreuzungspunkt der Sehaxen wieder hinter die Buchfläche *AB* fallen, d. h. die Correction wird gar nicht gelingen, wenn wegen der Kleinheit der Oeffnung der Papierdüte ein weiter unten hervorgehobener Umstand nicht eintreten kann, — und zwar aus demselben Grunde, welchen wir für die Fruchtlosigkeit der willkürlich eingeleiteten Correction der Augenstellung bei dem zuerst erörterten Versuche angegeben haben.

Aus den beiden Versuchen ersieht man, wie Recht ich hatte, VOLKMANN gegenüber zu behaupten: »Dass die Bewegungscentra für die verknüpften Thätigkeiten (bezüglich der angegebenen Combination derselben) in einem solchen organischen (anatomischen) Verhältnisse und Zusammenhange gedacht werden müssen, dass sich der Reiz, welchen der Wille auf das eine derselben ausübt, nothwendig auch auf das andere überträgt und daselbst ein bestimmtes Quantum Bewegung auslöst«.

c) Wenn man in dem sub *a* beschriebenen Versuche die DONDERS'sche Papierdüte weglässt, so tritt die Vergrösserung des Convergenzwinkels der Sehaxen ohne unser Zuthun[1]), durch die instinctive

[1] Ja man muss sich sogar jedes vehementeren befördernden Willenseinflusses enthalten, da sonst leicht auch hier die unter *a* und *b* erwähnte Uebertragung des Impulses auf beide Bewegungscentra sich einstellt und die Correction vereitelt.

Correction — und dann ohne eine Accommodationsbewegung für die Nähe — ein.

Hat man in dem sub b) mitgetheilten Versuche die Augenaxen durch willkürlichen Impuls in *m* zum Durchschneiden gebracht, wobei die Accommodationspunkte der Augen bis *a* und *b* (vgl. Fig. 3, Taf. 15) gerückt sind, und bemüht sich nun vergebens die Augen für *m* zu accommodiren, so wird man finden, dass sich diese Correction augenblicklich ohne unser Zuthun herstellt, wenn man die beschränkende Papierdüte rasch entfernt oder ihre vordere kleine Oeffnung beträchtlich vergrössert wird, weil die Correction nur durch die Doppelbilder — welche durch die feine Oeffnung der Papierdüte auf eine punktförmige Fläche beschränkt, bedeutungslos sind — ermöglicht und geleitet wird, indem dieselben in dem Maasse sich decken und deutlich gesehen werden, als die richtige Combination von Augenstellung und Accommodation zu Stande kommt. Dies ist nun der Umstand, auf welchen ich oben sub b) hingewiesen habe, ohne dessen Vorhandensein sich keine Correction einstellen kann.

d) Von welch bedeutendem Einflusse die instinctive Tendenz deutlich und einfach zu sehen auf die Verknüpfung und Combination eines bestimmten Accommodationszustandes der Augen mit einer bestimmten Stellung der Sehaxen ist, und dass die dieser Tendenz entsprechende instinctive Correction falscher Combinationen von Augenstellung und Accommodationszustand nur durch die Zerstreuungskreise und Doppelbilder, welche die falschen Combinationen setzen, ermöglicht und geleitet wird — etwa so, wie wir durch gewisse Empfindungen geleitet werden, unbewusst zweckmässige Bewegungen zur Erhaltung des Gleichgewichtes auszuführen — ersieht man mit Sicherheit aus folgenden zwei Reihen von Versuchen.

Zu der einen Reihe zählen die Versuche, in welchen wir die Augen unter solche Verhältnisse bringen, dass die beiden leitenden Momente der corrigirenden Thätigkeit nicht in Wirksamkeit treten können, und deren gemeinsames Resultat darin besteht, dass die sonst gewohnten, gesetz- und zweckmässigen Combinationen von Accommodationszustand und Augenstellung nicht zu Stande kommen.

Während die andere Reihe Versuche enthält, welche — da beide leitenden Momente in voller Wirksamkeit sind — das übereinstimmende Resultat geben, dass allerdings innerhalb gewisser Grenzen selbst ungewohnte, und dem gewöhnlichen Combinationsgesetze widersprechende Combinationen beider Functionen, welche zum Theil (vgl. oben A 2 und B 2) durch willkürliche Trennung des

Zusammenhanges der Accommodations- und Augenbewegungen durchaus nicht oder nur in ungleich geringerem Grade zu erzwingen sind, — in Erscheinung treten.

1. Zu den Versuchen der ersten Reihe rechne ich:

α. die oben sub a) und b) mitgetheilten Versuche, wo das Gesichtsfeld des Einen Auges durch die feine Oeffnung in der Spitze der Papierdüte beschränkt wird, ferner

β. die Schliessung oder blosse Bedeckung des Einen Auges, in Folge deren die Stellung der Augen bei gleichbleibendem oder wenig verändertem Accommodationszustande — selbst wenn man sich bemüht hat die richtige Stellung festzuhalten — dermaassen verändert, so zu sagen desorientirt wird, dass nach Oeffnung oder Aufdeckung des geschlossen oder bedeckt gewesenen Auges der Durchkreuzungspunkt der Sehaxen mehr oder weniger weit hinter den Accommodationspunkten, d. h. jenseits derselben, gefunden wird.

2. Zu den Versuchen der zweiten Reihe sind zu zählen:

α. die Versuche mit concaven und convexen Brillengläsern (DONDERS)[1].

β. das Stereoskopiren mit rechtseitigen und verkehrten Doppelbildern im freien Sehen[2];

γ. das Stereoskopiren durch die verschiedenen gebräuchlichen Stereoskope. Ich habe nämlich die meines Wissens bisher noch von Niemandem hervorgehobene Bemerkung gemacht, dass alle, wie immer (mit Linsen, Prismen oder Spiegeln) construirten Stereoskope eine Trennung der gewöhnlichen Combinationen von Accommodationszustand und Stellung der Augen verlangen, selbst dann, wenn das stereoskopische Bild bei einem bestimmten Convergenzwinkel der Sehaxen mit dem legitim zu diesem Winkel gehörigen Accommodationszustande gesehen werden kann, was sogleich deutlich ist, wenn man erwägt, dass die beiden Bilder des Gegenstandes ebene Zeichnungen sind, welche bei wechselndem Convergenzwinkel einen nahezu gleichbleibenden, für die Entfernung der Bildebene passenden Accommodationszustand nöthig machen.

Ich sagte »nahezu gleichbleibenden Accommodationszustand«, weil dies streng genommen nicht der Fall ist, wie sich aus der Betrachtung der Fig. 4 (Taf. 15) ergibt, welche ein WHEATSTONE'sches Spie-

[1] DONDERS: Ned. Lancet 2. Serie, 2. Jaarg., S. 156.

[2] Vergl. H. MAYER: Pogg. Annal. Bd. LXXXV, Seite 189, und besonders auch G. MEISSNER a. a. O., Seite 117.

gelstereoskop darstellt, obschon Differenzen, wie die zwischen *a A″* und *a′B″* (namentlich wenn die Bilder klein und mehre Zolle von den Spiegeln entfernt sind) allerdings gänzlich vernachlässigt werden können.

Beiläufig erlaube ich mir noch anzumerken, dass die erörterten Verhältnisse einen nicht unwesentlichen Unterschied zwischen dem Sehen wirklicher Körper und dem Stereoskopiren durch stereoskopische Apparate begründen, welcher, wie mir scheint, erklärt, warum uns die plastischen Bilder (namentlich Landschaften) im Stereoskope mit ungewohnter, ich möchte sagen unnatürlicher Klarheit und Schärfe entgegentreten, und dann, warum das Stereoskopiren durch Stereoskope eine fühlbare Anstrengung, welcher auch wohl Ermüdung folgt, kostet, während wir unter übrigens gleichen Umständen beim Betrachten wirklicher, nach drei Dimensionen des Raumes ausgedehnter Körper nichts von diesen Folgen spüren.

δ. Hierher gehört endlich auch das, was ich oben über das Sehen der Punkte des MÜLLER'schen Horopterkreises gesagt habe.

e) Meine am Ende vorstehender Abhandlung angedeutete Ansicht über die Art der Verknüpfung der Accommodations- und Convergenzbewegungen will ich nun etwas ausführlicher und bestimmter behandeln, mit Beziehung auf die von R. WAGNER angebahnte, auf mikrotomischer Basis ruhende Innervations-Theorie, welche mir bereits seit geraumer Zeit durch meinen hochverehrten Lehrer Prof. PURKYNĚ bekannt und geläufig ist[1].

[1] PURKYNĚ trägt sich nämlich schon seit der durch ihn gemachten Entdeckung der mehrfach geschwänzten Ganglienzellen der grauen Substanz mit ganz ähnlichen hypothetischen Ideen über die Innervations-Erscheinungen in den Centralorganen, wie solche in jüngster Zeit R. WAGNER nach so manchen neuen, ermunternden, mikroskopisch-anatomischen Thatsachen, welche PURKYNĚ damals nur erst ahnen konnte, ausgesprochen hat. Ja PURKYNĚ theilt schon seit Jahren diese Ideen in seinen Vorlesungen den Zuhörern mit. Durch vorliegende Anmerkung können und sollen R. WAGNER's grosse Verdienste um die Gestaltung einer exacteren Nervenphysiologie durchaus nicht geschmälert werden. Die Absicht meiner Mittheilung ist nur die, hier an den Mann zu erinnern, in dessen auserwähltem, durchaus ursprünglichem Geiste schon so mancher folgenreiche Gedanke aufgegangen war, der wie im vorliegenden Falle, erst später an anderen Orten, von anderen Händen zur Reife gebracht wurde. So hatte PURKYNĚ lange vor SCHWANN die Grundzüge der Zellentheorie erfasst und in aller Stille für sich und seine Freunde und Schüler bearbeitet, allein der kühnere und weniger zurückhaltende SCHWANN hat, wie PURKYNĚ in einer Besprechung der SCHWANN'schen Untersuchungen scherzweise sich ausdrückte, die Braut, die er (PURKYNĚ) längst kannte und um die er schon lange warb, heimgeführt. Obschon es keinem Zweifel unterliegt, dass PURKYNĚ sowohl die Innervations- als die Zellentheorie weit früher als WAGNER und SCHWANN erfasst und aufgebaut hat, so kann doch diese

Vorher erlaube ich mir die Stelle aus R. WAGNER's neurologischen Untersuchungen zu citiren, welche sich auf die sogenannten Mitbewegungen bezieht.

R. WAGNER sagt[1]: »Ich nehme zwei Classen von Mitbewegungen an: 1) Solche, welche angeboren und durch einen unabänderlichen Mechanismus das ganze Leben auf eine nicht zu beseitigende dem Zwecke der Functionen dienende Weise mit anderen automatischen oder intendirten Bewegungen zwangsmässig verbunden sind. Dahin rechne ich z. B. die Contraction der Pupille bei kräftiger Zusammenziehung der *Mm. recti interni* in der Convergenzstellung beider Augenaxen beim Nahesehen. Ich erkläre dies aus einer anastomotischen Verbindung der multipolaren Ganglienzellen im Kerne des *Nerv. oculomotorius* unterhalb der Sylvischen Wasserleitung, welche die Ursprungsfasern des *M. rectus internus* abgeben, mit anderen Ganglienzellen, aus denen die Sphincterenmuskelfasern der Iris ihre Nerven erhalten[2]. 2) Zur zweiten Classe von Mitbewegungen rechne ich diejenigen, höchst zahlreichen, welche sich durch Uebung beseitigen lassen, z. B. die bei intendirten Bewegungen einzelner Finger wider den Willen miterfolgenden Bewegungen anderer Finger. Hier tritt die allbekannte Erfahrung auf, dass in Folge vielfältiger Uebung alle isolirten Erregungen einzelner Muskeln und Muskelapparate uns allmählich leichter werden, daher denn auch Kinder noch mit vielen Mitbewegungen behaftet sind, welche Erwachsene längst unbemerkt beseitigt haben. Eine Erklärung dafür ist nach meiner Annahme zahlreicher anastomotischen Verbindungen zwischen den die einzelnen Muskeln beherrschenden multipolaren Ganglienzellen leicht«.

Thatsache keine Bedeutung für die Prioritätsfrage gewinnen, da PURKYNĚ die Mühe gescheut hat, seine längst gehegten Ideen der Oeffentlichkeit zu übergeben.

Ich aber glaubte nichts destoweniger — als Jünger dieses Meisters — die Verpflichtung zu haben, den mitgetheilten Sachverhalt, wenn auch nur gleichsam als biographische Notiz, zur Sprache zu bringen.

[1] Nachrichten v. d. G. A. Universität und der k. Gesellschaft d. Wissensch. zu Göttingen. 6. März 1854, Nr. 26, S. 98.

[2] »Dass ich die im Bezirke der Hirnnerven, z. B. in der Region der Sinnesnerven vorkommenden Bewegungen meinem Systeme von multipolaren Ganglienzellen unterordne und im Wesentlichen dieselben Bedingungen, wie im Rückenmarke anzunehmen geneigt bin, habe ich schon in meiner letzten Mittheilung »»über die Elementarorganisation des Gehirnes«« erwähnt. Wem für die Sinnesnerven, wie namentlich für Seh- und Hörnerven die Annahme eigener excitomotorischer Fasern noch bedenklicher erscheinen mag, als für die Rückenmarksnerven, dem möchte ich entgegnen, dass gewiss ein Theil der Reflexbewegungen, welche man sich durch die Fasern der Sinnesnerven vermittelt denkt, den excitirenden Fasern des Trigeminus und Vagus zukommt . . .«

»Die Willensimpulse werden nach dem einfachen Gesetze der Uebung und Gewohnheit, die zur Realisirung ihrer Zwecke nöthigen Bahnen schon finden lassen. Dies kann unmöglich für einen so fein gegliederten und seiner Seele im normalen Zustande so dienstbaren Organismus schwer fallen, welcher im Stande ist, beim Gesang die feinsten Spannungsverhältnisse zu empfinden und für das Bedürfniss der Modulationen seiner Stimme abzuändern, ohne dazu der anatomischen Kenntnisse zu bedürfen«.

Die Art der Verknüpfung der Accommodations- und Augenbewegungen, wie wir dieselbe durch die mitgetheilten Versuche genauer kennen gelernt haben, passt vollständig weder in die eine, noch in die andere Classe von Mitbewegungen, welche Wagner aufgestellt hat. Die Verhältnisse sind in unserem Falle so complicirt, dass wir die charakteristischen Merkmale beider Classen von Mitbewegungen vorfinden:

α) Nach meinen bisherigen Erfahrungen sind die willkürliche Erregung einer Convergenzbewegung der Augen mit einer Accommodationsbewegung für die Nähe, und eine willkürliche Erregung einer Accommodationsbewegung für die Ferne mit einer relativen Divergenzbewegung der Augen zwangsmässig verbunden, so dass diese beiden Bewegungen zu den Mitbewegungen der ersten Classe gehören.

[Innerhalb sehr enggesteckter Grenzen gehören auch diese Mitbewegungen für manche Individuen, wie mir Coccius in Leipzig mitgetheilt hat, in die zweite Classe. Mag dem sein wie ihm wolle, der von mir aufgedeckte Unterschied der Innigkeit des Verbandes, welcher diese Bewegungen verknüpft, und des Verbandes, welcher die sub β angeführten Bewegungen zusammenkettet, bleibt zu Recht bestehen.]

β) Während die Mitbewegungen, welche durch die willkürliche Erregung einer relativen Divergenzbewegung der Sehaxen oder einer Accommodationsbewegung für die Nähe gewöhnlich ausgelöst werden, zu den Mitbewegungen der zweiten Classe zu zählen sind, weil dieselben, wie ich gezeigt habe, durch Uebung innerhalb gewisser Grenzen zu beseitigen sind.

γ) Ferner sind die Bewegungscentra beider Functionen, ebenfalls innerhalb bestimmter Grenzen, in Folge unbewusster, instinctiver Erregung einer isolirten Thätigkeit fähig.[1]

Hiernach werden wir sehr verschiedene Innervations-

[1] Vergl. oben sub d).

bahnen zur Erklärung dieser eigenthümlich verknüpften Bewegungen annehmen müssen. Versuchen wir, eingehend auf die Wagner'sche Hypothese, uns eine bestimmte Vorstellung darüber zu bilden, so werden wir hinsichtlich der sub α betrachteten willkürlichen Erregungen eine anastomotische Verbindung der multipolaren Ganglienzellen im Kerne des *N. oculomotorius*, welche die Ursprungsfasern des *M. rectus internus* abgeben, mit anderen Ganglienzellen, aus denen der Accommodationsapparat, welcher die Adaption für die Nähe besorgt, seine Bewegungsnerven erhält — und ferner eine anastomotische Verbindung der Ganglienzellen des Centralorganes für die Accommodationsbewegungen, welche die Adaption für die Ferne vermitteln, mit anderen Ganglienzellen, von welchen die Fasern für den *M. rectus externus* und die anderen Auswärtsroller der Augen entspringen, annehmen müssen.

Hinsichtlich der sub β erörterten willkürlichen Impulse, welche in Folge vielfältiger Uebung die Centra der beiden Functionen innerhalb gewisser Grenzen isolirt erregen können, werden wir mit Wagner die Annahme »zahlreicher anastomotischer Verbindungen zwischen den die einzelnen Muskeln (gewisse Augen- und Accommodationsmuskeln) beherrschenden multipolaren Ganglienzellen« machen. Durch die Annahme mehr oder weniger zahlreicher Anastomosen zwischen den Ganglienzellen würde also nach Wagner's Vorstellungen zu erklären sein, warum die Uebertragung eines willkürlichen Impulses von einem Centrum auf das andere, in dem ersten Falle (sub α), bei weniger Anastomosen, schwerer, als im zweiten Falle (sub β), bei zahlreicherer anastomotischer Verbindung, verhindert werden können. Vielleicht erscheint es Manchem plausibler die Annahme umzukehren und den innigeren Verband durch mehr, den lösbareren Verband hingegen durch weniger Anastomosen zu erklären. Hier hat die Phantasie noch ganz freien Spielraum.

Was endlich die sub γ betrachteten isolirten Erregungen der Centra der beiden Functionen durch unwillkürliche, instinctive Impulse betrifft, so möchte man, wie mir scheint, beinahe zur Statuirung excitirender Fasern geneigt sein, deren peripherische Enden entweder in die Retina oder in den Theil des Sensoriums, in welchem die Gesichtsvorstellungen zu Stande kommen, und deren centrale Enden in gewisse Ganglienzellen der beiden Centra zu verlegen wären.

Dass die isolirte Thätigkeit der Centra der beiden Functionen in Folge der instinctiven und der willkürlichen Impulse nur innerhalb gewisser Grenzen, d. h. nur bis zu einer limitirten

Grösse der ausgelösten Bewegungen, möglich ist, dürfte sich aus der für grössere Bewegungen benöthigten grösseren Intensität des Impulses und dem dadurch bedingten grösseren Erregungsbezirke erklären lassen. Hierauf deutet schon WAGNER, indem er sagt[1]: »Nehme ich die multipolaren Ganglienzellen als Knotenpunkte für Innervationsprocesse an, so liegt allerdings eine Schwierigkeit darinnen, zu erklären, warum die Erregungen von einer Faser bald in der ersten Zelle ruhen bleiben, bald auf benachbarte oder entferntere, oft sehr viele Zellen und die von denselben abgehenden Commissuren und Fasern übergehen. Dies kann nun möglicher Weise theils von der Intensität der Reize, theils von der ganzen Stimmung der multipolaren Ganglienzellen, die jedenfalls variabel ist — z. B. abhängig von der Blutzufuhr, von specifischen Reizmitteln, wie Strychnin u. s. w. herrühren.«

Man könnte hier auch an eine Verschiedenheit der Impulse und Innervationsprocesse denken, welche etwa der Verschiedenheit zwischen gewöhnlichen und polarisirten Lichtstrahlen analog wäre. Nähme man dann noch in dem Inhalte der Nervenzellen und Fäden gewisse den Elasticitätsunterschieden des Lichtäthers in doppeltbrechenden Substanzen analoge Veränderungen an, so liesse sich begreifen, warum die Erregungen bald in den ersten Zellen liegen bleiben müssen, bald auf mehrere Zellen u. s. w. übergehen.

Um etwaigen Missverständnissen vorzubeugen, erkläre ich schliesslich erstens, dass ich die oben aufgestellte Hypothese für nichts weiter ausgebe und angesehen wissen will, als für einen anspruchslosen Versuch die in Folge des eigenthümlichen Zusammenhanges zwischen den Accommodations- und Augenbewegungen zu beobachtenden Erscheinungen mit einer bestimmteren Vorstellung von der anatomischen Anordnung der Innervationsbahnen in Beziehung zu bringen, — und zweitens, dass ich, trotz des Eingehens auf R. WAGNER's Innervationstheorie, doch weit entfernt bin, seine sonstigen Ansichten über die Function der Centralorgane, wie sie dieser Physiologe in dem zweiten Theile seines anthropologischen Vortrages über »Menschenschöpfung und Seelensubstanz« Göttingen, G. Wiegand 1854, auszusprechen den Muth hatte, zu theilen oder gutzuheissen.

f) In der vorstehenden Abhandlung habe ich nachgewiesen, dass man im Stande sei die Augenaxen willkürlich zur Divergenz zu bringen, zugleich aber irrthümlich bemerkt, dass dies, wenn der Gegenstand, dessen Auseinandertreten in Doppelbilder als Maass der

[1] A. a. O., S. 93.

Divergenz dient und für den die Augen accommodirt bleiben, näher liege, leichter gelinge — im entgegengesetzten Falle dagegen schwerer. Ich berichtige hiermit diesen Irrthum dahin, dass es wohl schwieriger sei, einen entfernteren Gegenstand in verkehrte Doppelbilder auseinander treten zu lassen, als einen näheren, dass aber, wenn dies einmal gelungen ist, die Divergenzstellung der Augenaxen bei Fixirung eines entfernteren Gegenstandes leichter zu erzwingen sei, als bei Fixirung eines näheren.

Auch nehme ich die Gründe, durch die ich den berichtigten Irrthum zu stützen glaubte, als falsch zurück, halte aber die von mir gemachte Beobachtung mit aller Bestimmtheit fest, dass man durch Uebung in den Stand gesetzt werde, die Augenaxen willkürlich und im freien Sehen divergiren zu lassen, und ferner, dass man auf die von mir angegebene Weise die Grösse des Divergenzwinkels messen könne u. s. w.

Beiläufig führe ich hier an, dass Turtual, obschon er noch keine Ahnung davon hatte, dass man die Augenaxen willkürlich divergent stellen könne, doch bereits erkannt hatte, dass die Augenaxen unter gewissen ungewöhnlichen Umständen in Divergenz gerathen. Turtual[1]) sagt nämlich: »Beim Sehen nach dem Monde ist wegen der grossen Entfernung der Stand der Sehaxen als parallel anzunehmen; dennoch erscheint nach Befreiung des verdeckten linken Auges anfänglich rechts ein Nebenmond, die Convergenz jenseits des Objectes ist also hier in eine Divergenz der Axen übergegangen.« — Noch wäre hier an eine Arbeit H. Meyer's[2]) in Zürich zu erinnern, in welcher bereits die mögliche Divergenz der Augenaxen untersucht und vermittelst des Stereoskopes demonstrirt wurde.

[1] Die Dimension der Tiefe im freien Sehen und im stereoskopischen Bilde. Münster 1842, S. 11.

[2] Pogg. Annal. Bd. 85, 1852, S 207.

XX.

Zur Lehre von den Doppelbildern, die beim Sehen mit beiden Augen entstehen

(sammt Zusatz).

[*Wiener akademische Sitzungsberichte 1854 und 1855 (Physiologische Studien).*]

(Hierzu Fig. 11, 12 u. 13 auf Taf. 13).

Hält man eine Druckschrift parallel zur Gesichtsfläche nahe vor die Augen, und schiebt die flache Hand so zwischen Buch und Gesicht, dass sich der Radialrand der Hand an Stirne und Nasenrücken legt, der Ulnarrand aber das Papier berührt, und auf diese Art beide Augen durch eine Scheidewand gänzlich getrennt werden, so tritt sehr leicht das oben, S. 248 erörterte Verhältniss ein, dass die Augen für die Buchfläche accommodirt bleiben, während der Durchkreuzungspunkt der Sehaxen hinter dieselbe fällt. Damit ist aber nothwendig auch die Entstehung von Doppelbildern gesetzt. In der That scheint sich das Bild, welches dem rechten Auge gehört, über das, dem linken Auge gehörige, in horizontaler Richtung von rechts nach links herüber zu schieben, während das Bild des linken Auges die entgegengesetzte Bewegung auszuführen scheint.

Abgesehen von dieser Art der Doppelbilder, welche wir bereits oben betrachtet haben, kommen unter den angegebenen Bedingungen leicht noch andere Doppelbilder zum Vorschein, da die Augen so zu sagen desorientirt sind.

Dort wo der Ulnarrand der Hand die Zeilen der Druckschrift berührt, erscheinen sie wie zerbrochen, und häufig an einander in verticaler Richtung verschoben, so dass die Fortsetzung der links gelegenen Zeilenhälfte auf der rechten Seite nicht in derselben Linie fortgeht, sondern um einen halben Zeilenabstand nach oben oder nach unten gerückt erscheint. Die Zeilenhälften der einen Seite entsprechen dann den Zeilenzwischenräumen der andern Seite, und umgekehrt. Diese

verticale Verschiebung kann so bedeutend sein, dass die Zeilenhälfte der einen Seite der zweiten oder dritten unter oder über ihrer eigentlichen Fortsetzung gelegenen Zeilenhälfte der anderen Seite entspricht, d. h. mit ihr in derselben horizontalen Linie liegt. Diese Art der Doppelbilder erklärt sich einfach durch die Drehung eines Auges nach oben oder nach unten.

Betrachtet man die obersten Zeilen der Druckschrift so, dass man die Augen sehr stark nach innen und oben wenden muss, so erscheinen die Zeilen wie gebrochen und die Hälften bilden einen nach oben offenen stumpfen Winkel. (Vgl. Taf. 13, Fig. 11).

Wendet man die Augen sehr stark nach innen und unten, so convergiren die Hälften der gebrochenen Zeilen ebenfalls unter einem stumpfen Winkel, welcher jedoch nach unten geöffnet ist, wie Fig. 12 (Taf. 13) zeigt.

Diese Art der Doppelbilder, wo horizontale und verticale Linien, welche das eine Auge sieht, eine Neigung gegen die von dem anderen Auge gesehenen horizontalen und verticalen Linien bekommen, erklären sich aus einer Drehung um die optische Axe, welche die Netzhäute in entgegengesetzter Richtung beim Sehen nach innen und oben und nach innen und unten erfahren. Mit dem Ruete'schen Ophthalmotrop lässt sich diese Drehung um die optische Axe in Folge der Wendung des Auges nach innen und oben und nach innen und unten leicht demonstriren.

Manchmal combinirt sich unter den angegebenen Bedingungen die horizontale Verschiebung der Bilder mit der verticalen und mit der zuletzt beschriebenen Drehung.

Man kann hier nicht eigentlich von Doppelbildern, d. h. von doppelten Bildern eines Gegenstandes reden, da das Gesichtsfeld des einen Auges von dem des anderen Auges vollkommen getrennt ist, und kein Gegenstand zu gleicher Zeit Object beider Augen sein kann; allein nichts desto weniger enthält das Obige einen Beitrag zur Lehre von den Doppelbildern, welche beim Sehen mit zwei Augen entstehen können, indem man sich den beschränkten Theil der Druckschrift, welchen ein Auge übersieht, zu einem Totalbilde des von beiden Augen übersehenen Theiles der Druckschrift ergänzt und auf diese Art zwei solcher Ergänzungen erhält, deren relative Lage man wie die von Doppelbildern beurtheilt.

Wenn die als Scheidewand zwischen den Augen dienende flache Hand entfernt wurde, dann sollte man meinen, müssten sich Doppelbilder im engeren Sinne zeigen, d. h. doppelte Bilder eines und desselben Gegenstandes. Dies ich auch für die ersten zwei Richtungen des Aus-

einandertretens der Bilder, nämlich die verticale und horizontale der Fall.

Das Auseinandertreten der Doppelbilder in der zuletzt erörterten Richtung kann jedoch ohne eine solche die Augen trennende Scheidewand nicht leicht zu Stande gebracht werden. Es scheint, dass die hierzu nothwendige entgegengesetzte Drehung der Augen um die optische Axe durch eine Anstrengung der schiefen Augenmuskeln compensirt wird, wenn beide Augen frei denselben Gegenstand betrachten, indem dann die schon oben erörterte Tendenz einfach und deutlich zu sehen, als ein wirksames, die Bewegungen der Augen regulirendes Moment auftritt.

Die Doppelbilder lassen sich nach verschiedenen Eintheilungsgründen in verschiedene Gruppen bringen, z. B. nach den obwaltenden Accommodationsverhältnissen; nach den Retinastellen, auf welche sich die Bilder projiciren, endlich auch nach den verschiedenen Richtungen, in welchen die Doppelbilder auseinandertreten.

Im Vorliegenden haben wir alle nur irgend mögliche Hauptrichtungen, in welche die Doppelbilder sich über einander verschieben können, angegeben und erörtert.

Schliesslich erwähne ich noch, dass man Zeichnungen entwerfen kann, welche zerstreute Stücke eines Bildes darstellen, und durch die besondere Stellung der Augen zu e i n e m Bilde vereinigt werden.

So gut man nämlich von einem Gegenstande z w e i Bilder erhalten kann, eben so gut kann man bei passender Anordnung aus zwei Bildern Eines hervorbringen. Dies gilt für jede Richtung des Auseinandertretens der Doppelbilder. Zerschneidet man eine beliebige Zeichnung in zwei Hälften, und legt dieselben durch einen Zwischenraum von $^1/_2$ bis 1 Wiener Zoll getrennt, neben einander, und betrachtet sie so, dass die Augen für ihre Entfernung accommodirt bleiben, während die Augenaxen hinter denselben zur Durchkreuzung kommen — also unter den Bedingungen des oben S. 248 unter *A* 1 mitgetheilten Versuches — so wird man leicht die Stellung der Augen finden, wo sich die Hälften der Zeichnung folgendermassen gruppiren. (Siehe Taf. 13, Fig. 13). Es entstehen im Ganzen vier Bilder der aufgelegten zwei Hälften der zerschnittenen Zeichnung.

Die Bilder *A'* und *B'* gehören dem rechten, die Bilder *A* und *B* dem linken Auge. Die Bilder *A* und *B'* setzen ein vollständiges Bild zusammen.

Dieses Beispiel mag für alle anderen Fälle genügen; nur mag noch bemerkt werden, dass, wenn man diese und ähnliche Zeichnungen betrachtet, während man eine trennende Scheidewand zwi-

schen den Augen errichtet, die beiden Bilder *A* und *B'* ganz wegfallen, und die Verschmelzung der beiden Hälften zu einem Bilde noch besser in die Augen springt.

Zusatz.

a) In dem vorliegenden Paragraphen habe ich alle möglichen Hauptrichtungen, in welchen gesehene Objecte zu Doppelbildern auseinander treten können, angegeben und an einem Versuche erörtert.

G. Meissner[1]) hat diesen Versuch, im Zusammenhange mit seinen vortrefflichen Untersuchungen über den Horopter, gleichfalls, jedoch nicht vollständig behandelt. Den wesentlichen Punkt meiner Mittheilung, welchen Meissner unberücksichtigt liess, bringe ich hier noch einmal zur Sprache; nämlich: jenes Auseinandertreten der Doppelbilder in verticaler Richtung, welches sich »einfach durch die Drehung eines Auges nach oben« »oder nach unten« — also durch Augenbewegungen erklärt, welche die Sehaxen in verschiedene Ebenen auseinander stellen und ihre Intersection aufheben.

Ich habe diese neue Thatsache a. a. O. mit so geringer Ausführlichkeit behandelt, dass sehr leicht Zweifel an der Richtigkeit meiner Angabe entstehen können. Da ich überdies die Umstände, welche gewöhnlich und auch in dem mitgetheilten Versuche zum grossen Theil ein scheinbares verticales Auseinandertreten der Doppelbilder bedingen, gar nicht erwähnt habe, so liegt vielleicht für Manche der Verdacht nahe, ich hätte mir eine Verwechslung zu Schulden kommen lassen und es sei Nichts mit meiner Beobachtung, indem dieselbe auf andere Weise, als durch jene bisher bezweifelten Augenbewegungen erklärt werden müsse.

Um solchen Missverständnissen vorzubeugen und das von mir behauptete Vorkommen jener Augenbewegungen überzeugend festzustellen, lasse ich hier eine etwas ausführlichere Auseinandersetzung des Gegenstandes folgen.

Die Entstehung der Doppelbilder überhaupt beruht bekanntlich darauf, dass die Bilder eines Gegenstandes nicht auf identische Punkte der Netzhäute fallen. Die Richtung, in welcher die scheinbare Verdoppelung des Gegenstandes stattfindet, hängt von der relativen Lage der beiden Netzhautbildchen ab. Solcher Hauptrichtungen gibt es, wie ich gezeigt habe, drei und man könnte hiernach die Doppelbilder in verticale, horizontale und geneigte oder

[1] A. a. O., S. 75, §. 43.

gedrehte eintheilen — der möglichen Combinationen nicht zu gedenken.

Ein Auseinandertreten der Doppelbilder in verticaler Richtung wird ganz allgemein dann stattfinden, wenn das eine Bild unter, das andere über einem Netzhautpunkte, welcher für beide Netzhäute identisch ist, auffällt. Dieses Lagerungsverhältniss der Netzhautbilder tritt nun unter verschiedenen Umständen ein.

α) Wenn die Augenaxen weder parallel stehen, noch 45° gegen den Horizont geneigt sind, so findet, nach MEISSNER[1], auf dessen Arbeit ich wegen des Details verweise, in Folge der Neigung der »Trennungslinien« gegen einander, für die Bilder von einem neben dem fixirten gelegenen Punkte, stets ein solches Lagerungsverhältniss auf den Netzhäuten statt, dass ein Uebereinandertreten der Bilder in rein verticaler oder schräger Richtung erfolgen muss. Die über einander verschobenen Doppelbilder werden unter diesen Umständen Beide indirect gesehen.

β) Wenn man den Kopf nach der Seite neigt, so müssen sich die rechtseitigen oder verkehrten Doppelbilder eines Gegenstandes in verticaler Richtung über einander verschieben, und zwar werden rechtseitige Bilder sich zu heben, verkehrte hingegen sich zu senken scheinen, wenn das eine Auge, welchem die Bilder angehören, durch Neigung des Kopfes über die Horizontale gehoben wird, während das andere Auge in seiner ursprünglichen Höhe erhalten oder unter die Horizontale gesenkt wird, und vice versa.

Eines der unter diesen Umständen entstandenen verticalen Doppelbilder kann direct gesehen werden, ja wenn die Bilder eine mehr als punktförmige Ausdehnung haben, können beide auf die Axenpunkte der Netzhäute fallen — freilich mit verschiedenen Theilen, da sie sonst zu Einem Bilde verschmelzen müssten.

γ) Steht die die beiden Axenpunkte der Netzhäute verbindende Linie in Folge der Drehung eines Auges nach auf- oder abwärts, oder in Folge einer gleichzeitigen Wirkung der Aufwärtsroller, an dem einen, der Abwärtsroller an dem anderen Auge nicht in Einer Ebene mit der horizontal gestellten »Sehbase« (TOURTUAL), so sind die Bedingungen für verticale Doppelbilder gesetzt. Es ist aber die Frage, ob solche Augenbewegungen möglich sind.

»Die Bewegungen der Augäpfel« sagt TOURTUAL[2], »sind durch

1 A. a. O., S. 59, §. 33.
2 A. a. O., S. 6.

eine noch unerklärte, doch ohne Zweifel in dem Verhältnisse der Ursprünge der *Nervi oculomotorii* begründete Nothwendigkeit in der Weise von einander abhängig, dass die Drehung des einen, durch welche die Axe desselben aus der Axenebene nach oben oder unten abweicht, auch eine gleiche Abweichung der Axe des anderen zur Folge hat, welche nun in die Ebene, welche die bewegte erste Axe mit der Sehbase einschliesst, zu liegen kommt. Die Axenebene zerfällt selbst dann nicht, wenn beim Vorsichhinstarren die Axen eine parallele Stellung annehmen oder im Schlafe ein- und aufwärts gewendet sind, auch scheint eine Art des Schielens, in welcher die Axen aus der Ebene weichen, nicht vorzukommen«[1].

Diesem entgegen behaupte ich nun, dass jene bezweifelten oder geleugneten Augenbewegungen und das Zerfallen der Axenebene unter gewissen Umständen dennoch wirklich vorkommen.

Die Richtigkeit meiner Behauptung glaube ich durch folgende Versuche über allen Zweifel erheben zu können. Zunächst stelle ich eine Linie, die Zeilen einer Druckschrift oder den Rand einer Tischplatte vermittelst einer Libelle genau horizontal. Dann bringe ich die »Sehbase« und die die beiden Axenpunkte der Netzhäute verbindende Linie in eine solche Lage, dass diese beiden Linien mit dem horizontal gestellten Objecte in Eine Ebene fallen. Dies geschieht, indem ich das horizontal gestellte Object in verkehrte Doppelbilder aus einander treten lasse und, den Kopf von einer Seite zur anderen neigend, jene Stellung des Kopfes bestimme, bei welcher die verkehrten Doppelbilder genau in Einer Horizontalen stehen. Ist die gewünschte Stellung des Kopfes ausgemittelt, so lasse ich auf meinem Kopfe eine Wasserwage horizontal befestigen, welche einem Gehilfen jede unwillkürliche seitliche Neigung des Kopfes sogleich angibt.

Nach diesen Vorbereitungen, welche mich offenbar in den Stand setzen, ein etwaiges Zerfallen der Axenebene mit grosser Genauigkeit zu erkennen, schreite ich zu folgenden Versuchen.

1. Ich schliesse und öffne abwechselnd das eine Auge, während das andere ruhig nach dem horizontal gestellten Objecte sieht und beobachte die relative Stellung der dabei entstehenden verkehrten Doppelbilder.

2. Ich verkleinere, während der Betrachtung des horizontal gestellten Objectes, den Convergenzwinkel der Sehaxen immer mehr und mehr, bis die Sehaxen parallel stehen und bringe dieselben endlich bis zur Divergenz.

[1] Vergl. dagegen Archiv für Ophthalmologie von GRAEFE. Berlin 1854. Band I, Abth. I, S. 11.

3. Ich betrachte Objecte, welche von der Medianlinie (Mittelaxe, Tourtual) so weit seitlich entfernt sind, dass sie dem einen Auge beträchtlich näher stehen, als dem anderen[1]).

Unter allen diesen Umständen habe ich verticale Doppelbilder entstehen sehen, welche einem Zerfallen der Axenebene ihren Ursprung verdanken. Ich erkannte und erschloss dies mit Sicherheit daraus 1) dass die Libelle, die an meinem Kopfe befestigt war, nicht die geringste Schwankung, während der Entstehung und Beobachtung der Doppelbilder zeigte und 2) dass die Object-Punkte, welche in die Verlängerung der Sehaxen fielen und daher auf den Axenpunkten der Netzhäute sich abbildeten, nicht in einer horizontalen Linie lagen, sondern dass die diese Punkte des Objectes verbindende Gerade, nach einer oder der anderen Richtung gegen den Horizont geneigt war oder selbst vertical stand.

Ad 1. Obschon Tourtual[2]) Bell's Behauptung einer stattfindenden Bewegung des Augapfels während des Lidschlages bestätigt und näher bestimmt hat, so ist es ihm doch entgangen, dass diese Bewegungen zum Theil solcher Art sind, wie er sie in der sub γ citirten Stelle aus dem Jahre 1842 geleugnet hat.

Das Bild des geschlossenen Auges finde ich nach meinen Beobachtungen bei der Oeffnung desselben in dreifacher Richtung gegen das Bild des während des ganzen Versuches offen gehaltenen Auges verschoben; experimentire ich mit dem linken Auge, so erscheint das Bild nach rechts und nach unten geneigt oder gedreht. Demgemäss hat sich also das linke Auge während des Lidschlages nach aussen (links) und nach oben gewendet und zugleich etwas um die optische Axe in der Richtung von aussen (links) und unten nach innen und oben gedreht. Dasselbe gilt *mutatis mutandis* für das rechte Auge.

Ad 2. Während ich die Convergenz der Augenaxen in den Parallelismus und diesen in die Divergenz übergehen lasse, treten die verkehrten Doppelbilder, in welchen das horizontal gestellte Object erscheint, immer weiter und weiter aus einander und erleiden dabei zugleich eine mehr oder weniger auffallende verticale Verschiebung. Für eine Entfernung des Objectes von 3 Fuss mochte diese Verschiebung oft bis etwa 6 Wiener Linien betragen. Werden die Zeilen einer Druckschrift als horizontal gestelltes Object verwendet, so kann man sich sehr leicht überzeugen, dass unter diesen Umständen die Axenebene

[1] Vergl. Nr. XIX.

[2] Müller's Archiv 1838, S. 326.

zerfalle, indem die Verlängerungen der Augenaxen Buchstaben treffen, welche in verschiedenen Zeilen liegen. Bei mir tritt immer das Bild des linken Auges über das des rechten Auges herauf — die Sehaxe des rechten Auges trifft verlängert einen höher gelegenen Punkt des Objectes als die Sehaxe des linken Auges. Bei anderen Individuen mag dies vielleicht umgekehrt sein.

Ad 3. Unter den angegebenen Umständen treten, wenn die Asymmetrie der Augenstellungen gewisse Grenzen überschreitet, endlich Doppelbilder auf, und es wird unmöglich, einfach und deutlich zu sehen. Befindet sich das Object, z. B. eine senkrecht auf der horizontalen Linie stehende Nadel, auf der rechten Seite, so dass beide Augen stark nach rechts gewendet werden müssen, so steht das Bild des linken Auges rechts von dem Bilde des rechten Auges und oft sehr beträchtlich tiefer als dieses und erscheint zugleich etwas nach rechts hin geneigt. Je näher das zu betrachtende Object *caeteris paribus* steht, je grösser also der Convergenzwinkel der Augenaxen sein müsste, um dasselbe einfach zu sehen, desto schwieriger ist es, die Entstehung von Doppelbildern zu verhindern und die Sehaxen auf dem Objecte zum Durchschneiden zu bringen. Durch eine mehr oder minder beträchtliche Anstrengung der Einwärtsroller der Augen gelingt es wohl meist, den geforderten Convergenzwinkel der Sehaxen zu erzwingen, so dass sich die Doppelbilder einander in horizontaler Richtung immer mehr und mehr nähern und endlich ganz in Eins verschmelzen, wenn sich die verticale Verschiebung und Neigung oder Drehung derselben corrigiren. Dies geschieht jedoch nicht immer und zwar dann nicht mehr, wenn das Object zu nahe steht und eine zu starke seitliche Drehung der Augen verlangt, um bei festgestelltem Kopfe gesehen zu werden. Die verticale Verschiebung, welche sich, wie ich bemerkt habe, mit dem Aufwärtsneigen der Sehaxen, bei höherem Stande des zu betrachtenden Objectes, steigert, corrigirt sich beinahe noch schwieriger, als die Drehung oder Neigung, so dass man unter diesen Umständen — ohne gerade besonders geübt zu sein — oft die Gelegenheit hat, sich zu überzeugen, wie die Punkte des Objectes, welche in der Verlängerung der Sehaxen liegen, senkrecht über einander zu stehen kommen. Sind beide Augen, wie in dem obigen Falle, nach rechts gedreht, so ist die Sehaxe des rechten Auges auf einen unterhalb der Spitze gelegenen Punkt der Nadel gerichtet, während die Axe des linken Auges die Nadelspitze selbst trifft.

Die verticale Verschiebung der Zeilenhälften in dem in der vor-

stehenden Abhandlung angegebenen Versuche kann nach dieser Auseinandersetzung also durch sämmtliche sub α, β und γ erörterten Umstände bedingt sein. Welche von diesen Umständen einzeln oder combinirt in einem gegebenen Falle vorhanden sind, ist jedoch nicht immer ganz leicht zu ermitteln.

b) Dass man durch eine passende Stellung der Augen zwei Bilder oder Bildtheile zu Einem Bilde vereinigen könne, hat bereits Dove [1]) gezeigt und in Anwendung gebracht.

[1] Darstellung der Farbenlehre und optische Studien. Berlin 1854, S. 164.

XXI.

Ueber die unempfindliche Stelle der Retina im menschlichen Auge (sammt Zusatz).

[Wiener akademische Sitzungsberichte 1854 u. 1855 (Physiologische Studien).]

HUECK (Müll. Arch. 1848, S. 91 u. ff.) war der Erste, welcher die Entdeckung gemacht hatte, dass am blinden Fleck »eine ergänzende Thätigkeit der Vorstellung« rege ist. Er hatte bereits die Beobachtung gemacht, dass eine weisse Scheibe an der Stelle des Fleckens weiss, eine schwarze schwarz erscheint, und dass selbst Umrisse, wo sie durch die nicht sehende Stelle gehen, ergänzt werden. HUECK irrte nur darin, dass er meinte, »der nicht sehende Fleck entstehe durch das Eintreten der Gefässe« (*vasa centralia*).

Die neueren Untersuchungen über diesen Gegenstand von WEBER [1], von VOLKMANN [2] und von FICK und DU BOIS [3] haben die HUECK'sche Anschauung bestätigt und gezeigt, dass die der Eintrittsstelle des Sehnerven — (und nicht der *vasa centralia*) — entsprechende Fläche als eine räumliche Grösse im Sehfelde repräsentirt ist, und dass sie, da sie keine Lichteindrücke dem Sensorium liefert, durch welche der Raum erfüllt werden könnte, durch einen Act der Einbildungskraft, durch ein Phantasma ausgefüllt wird. Die in die blinde Stelle »hineingebildete« Empfindung hängt zum Theil von der Qualität der Erregung der unmittelbaren Nachbarschaft (welche VOLKMANN der Kürze wegen mit *r* bezeichnet) der Eintrittsstelle des Sehnerven ab. Ueberdies hat VOLKMANN, welcher den Gegenstand unter den genann-

[1] E. H. WEBER, Berichte über die Verhandlungen der kön. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Sitzung am 18. Dec. 1852.

[2] VOLKMANN, Bericht über die Verhandlungen der kön. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Sitzung am 30. April 1852.

[3] FICK und DU BOIS (Müller's Archiv 1853).

ten neueren Forschern am vollständigsten behandelt hat, noch darauf hingewiesen, dass das bei A (dem Punkte des Sehfeldes, in welchem die Eintrittsstelle a des Sehnerven und die ihr in dem anderen Auge entsprechende identische Stelle a' localisirt sind) Sichtbare ein Mischling sei, zu dessen Entstehung nicht nur der Erregungszustand von r, sondern auch von a' beiträgt. Der Factor r füllt die Lücke nur durch einen Act der Vorstellung — ein Phantasma, während sie der Factor a' durch eine Thätigkeit des unmittelbaren Empfindens erfüllt. Empfindung und Einbildungskraft concurriren also beim Ausfüllen jener Lücke.

Man kann hiernach die in den beiden Lücken des Sehfeldes auftretenden (Mischlings-) Empfindungen mit VOLKMANN in zwei Reihen ordnen.

»A. Dieselben haben vorherrschend die Qualität der durch r gesetzten Empfindung«.

»B. Dieselben haben vorwiegend die Beschaffenheit der von a' ausgehenden Empfindung«.

Es wäre nun zu ermitteln, unter welchen Bedingungen die Erscheinungen der Reihe A, unter welchen anderen die der Reihe B eintreten.

Ad A. Nach VOLKMANN's Erfahrung gibt die Vorstellung dann den Ton an, wenn der physiologische Process in r lebhafter ist als in a'.

Ad B. Die Empfindung bildet den vorherrschenden Factor in allen Fällen, wo r und a' den gleichen Vortheil des Lichteinflusses geniessen, d. h. wo beide Augen zum Sehen benützt werden.

Es sei zu erwarten, meint VOLKMANN, dass überall, wo Vorstellung und Empfindung als Folgen eines gleich intensiven physiologischen Processes auftreten, die Empfindung die stärkere sei.

Diese Erwartung bestätigt sich jedoch nicht durchgehends. VOLKMANN selbst führt einen Versuch an, der das ganz unerwartete Resultat gibt, dass die lebhafte Vorstellung nicht immer über die matte Empfindung siegt, und ich werde weiter unten einen Versuch angeben, wo hingegen die schwache Vorstellung sogar die starke Empfindung verdrängt.

Wenn man eine schwarze Scheibe auf weissem Grunde bei einer solchen Stellung der Augen betrachtet, dass ihr Bild auf a und auf a' fällt, so nimmt man die schwarze Scheibe mit aller Deutlichkeit wahr. In diesem Falle fällt das weisse Licht des Grundes auf r und das Schwarz der Scheibe auf a'. Warum, frägt VOLKMANN, siegt nun nicht der Eindruck von r über den von a', welches sich im Minimum seiner

Thätigkeit befindet? — Noch auffallender ist folgendes Ergebniss. Man stelle eine Scheidewand zwischen beiden Augen auf, so dass das Gesichtsfeld in zwei Theile getheilt wird, deren jeder nur von einem Auge übersehen wird.

Nun beleuchte man die linke Hälfte des Gesichtsfeldes sehr grell, während die rechte Hälfte in möglichst vollständiger Finsterniss erhalten wird. Man erhält dieselben Bedingungen, wenn man ein Auge schliesst und bedeckt, das andere aber auf eine hell erleuchtete Fläche richtet.

Man sollte unter solchen Verhältnissen erwarten, dass die blinde Lücke des rechten Auges, welches im Dunkel ist, daher im Minimum seiner Thätigkeit sich befindet, mit der Empfindung des lebhaft erregten Punktes a' gefüllt werden würde, so dass im dunklen Gesichtsfelde des rechten Auges an der Stelle A eine helle Scheibe erschiene.

Nichts desto weniger lehrt aber das Experiment, dass das rechte Auge eine gleichmässig dunkle Fläche sieht, dass trotz des in r weniger als in a' lebhaften physiologischen Processes dennoch das durch r ausgelöste dunkle Phantasma die durch a' vermittelte Empfindung verdrängt.

Die Untersuchungen über den MARIOTTE'schen Fleck sind, wie man hieraus ersieht, noch lange nicht geschlossen und jede Vervollständigung des Inventars der Thatsachen muss willkommen sein. Deshalb erlaube ich mir noch folgende Mittheilungen zu machen, welche einen, von den oben citirten Autoren gänzlich übersehenen Weg weisen, auf welchem die vorliegende Frage, die von allen Seiten untersucht werden muss, in Angriff genommen werden kann.

Dieser Weg, in anderer Beziehung bereits mit grossem Erfolg betreten, führt durch die Sphäre des sogenannten s u b j e c t i v e n Sehens.

1. Zunächst erinnere ich an die Erscheinung, welche man im Finstern beobachtet, wenn man die Augen sehr kräftig und plötzlich auf die Seite wendet. Man sieht dann bekanntlich zwei mehr oder weniger helle feurige Kreise oder Halbkreise, deren Ort der unmittelbaren Umgebung der Eintrittsstellen der beiden Sehnerven entspricht. Die Erklärung der Entstehung dieser feurigen Ringe kann, wie mir scheint, nur in einer durch die Drehung des Auges gesetzten Zerrung der die Eintrittsstelle der Sehnerven umgebenden empfindlichen Region der Retina gefunden werden. Schon die frappante Aehnlichkeit dieser feurigen Ringe mit den von SERRE d'UZÈS[1]) genau untersuchten Phosphenen deutet auf ihren mechanischen Ursprung. Bemerkens-

[1] Essai sur les Phosphènes etc. Paris 1853. Vic. Masson.

werth ist der Umstand, dass hier keine feurige Fläche, sondern ein feuriger Kreis oder Halbkreis entsteht. Es scheint, dass die durch Zerrung bewirkte Reizung der Nachbarschaft *r* der Eintrittsstelle des Sehnerven in der Finsterniss nicht hinreicht, um ein die ganze Lücke füllendes Phantasma auszulösen.

2. Stellt man den ebenerwähnten Versuch bei geschlossenen Augenlidern und das Gesicht gegen das einströmende Tages- oder Sonnenlicht gekehrt an, so bemerkt man in dem durch die durchscheinenden Augenlider roth-orange gefärbten Gesichtsfelde statt der zwei feurigen Ringe zwei kleine rundliche Scheiben von gesättigter blauer Farbe. Diese blauen Scheiben entsprechen den blinden Flecken dem Orte nach, sind aber von grösserem Flächeninhalt, als diese.

Das eben gewonnene Resultat ist in doppelter Hinsicht bemerkenswerth. Erstlich: warum entsteht hier eine Scheibe und nicht wie im ersten Versuche nur ein Ring oder Halbring, da doch die Ausdehnung und Intensität der mechanischen Zerrung der Retina-Elemente dieselben sind? Zweitens: warum ist die Scheibe blau? Die Färbung der Scheibe steht offenbar in Beziehung zur Farbe des ganzen Gesichtsfeldes und hat nichts mehr oder weniger Auffallendes als die blaue Färbung eines jeden von aussen mechanisch gereizten Retinapunktes, wenn die Lichtstrahlen das Gesichtsfeld durch die geschlossenen Augenlider hindurch röthlich-orange erhellen.

Erwähnen muss ich noch, dass man, wenn man die Wendung der Augen langsam vornimmt, um das Auftreten der Scheiben bequem beobachten zu können, zuerst einige weissliche Flecken wahrnimmt, welche erst später bei fortgesetzter oft beinahe schmerzlicher Drehung der Augen zusammenfliessen, und eine gesättigte blaue Färbung annehmen.

3. Versucht man die Eintrittsstellen der Sehnerven bei geöffneten Augen durch eine ausgiebige seitliche oder nach aufwärts gerichtete Drehung derselben zur Anschauung zu bringen, und wählt man als Hintergrund den gleichmässig umwölkten Himmel oder eine weisse Wand, so wird man an der Stelle der blauen Scheiben zwei dunkle Flecken bemerken. Man kann es nun leicht so einrichten, dass sich auf der weissen Wand gerade dort, wo einer der dunklen Flecken erscheint, ein schwarzer Punkt befindet. Dieser schwarze Punkt wird dann verschwinden, wenn er mit dem dunklen Fleck zusammentrifft, so dass man sich überzeugen kann, dass der blinde Fleck in jenem dunklen Fleck mit einbegriffen, aber kleiner als dieser sein muss. Es versteht sich von selbst, dass hierbei das andere Auge geschlossen

sein muss, sonst verschwindet der schwarze Punkt gar nicht, weil er von a' gesehen wird.

Diese Versuche gelingen nicht zu allen Tageszeiten gleich gut. Des Morgens gleich nach dem Aufstehen ist die Retina bei Vielen am empfindlichsten gegen diese Art der Reizung. Es giebt auch Individuen, denen diese Versuche gar nicht gelingen wollen. Anderen gelingen sie wieder nur dann, wenn sie die Augen nach einer bestimmten Seite drehen. Bei Bewegung der Augen in anderen Richtungen treten die Erscheinungen sehr mangelhaft oder gar nicht ein.

Hier schliessen sich die Erscheinungen an, welche die galvanische Reizung der Retina hervorbringt, indem die Eintrittsstelle des Sehnerven durch den elektrischen Strom auf eigenthümliche Art sichtbar gemacht wird. Ich lasse hier die Worte PURKINĚ's folgen, welcher die »galvanische Lichtfigur« zuerst zum Gegenstand einer umfassenderen und gründlicheren Untersuchung gemacht hat [1]).

»Brachte ich den Leiter des Kupferpols in den Mund, und berührte mit dem Leiter des Zinkpols den Augenapfel, so erschien in dem früher finstern Gesichtsfelde an der mir sonst wohlbekannten Eintrittsstelle des Sehnerven eine hellviolette lichte Scheibe; im Axenpunkte des Auges war ein rautenförmiger dunkler Fleck, mit einem rautenförmigen gelblichen Lichtbande umgeben, darauf folgte ein gleiches finsteres Intervall und noch ein etwas schwächer leuchtendes gelbliches Rautenband; die äusserste Peripherie des Gesichtsfeldes aber deckte ein schwacher, lichtvioletter Schein, der, wie man das Auge rollte, abwechselnd an einzelnen Stellen heller wurde. Somit zeigte sich hier der Gegensatz des Sauren und Alkalischen, des Zink- und Kupferpols als Peripherisches und Centrales, als Nerveneintritt und Axenpunkt. Hob ich die Berührung auf, so kehrten sich die Farben um. Wechselte ich die Pole, brachte ich den Kupferpol ins Auge, den Zinkpol in den Mund, so kehrten sich die Farben so wie auch die Licht- und Schattenpartien um. Am Eintrittsorte des Sehnerven war ein kreisrunder finsterer Fleck mit einem hellvioletten Scheine umgeben, der als ein hellviolettes Rautenband gegen die Mitte des Gesichtsfeldes auf- und niederstieg, und sich mit zwei convergirenden Schenkeln auf der entgegengesetzten Seite schloss; diesem nach innen war ein finsteres Intervall und im Axenpunkte des Sehfeldes eine glänzende hellviolette Rautenfläche«.

Man ersieht hieraus, dass die Eintrittsstelle des Sehnerven je nach

[1] Neue Beiträge zur Kenntniss des Sehens in subjectiver Hinsicht von JOHANN PURKINĚ. Berlin 1825, bei G. Reimer, S. 35.

der Richtung des elektrischen Stromes, als helle oder dunkle Scheibe erscheint.

Es entsteht nun die Frage, ob diese Erfüllung des blinden Flecks mit Helligkeit oder Dunkel auf die oben mitgetheilte Weise zu erklären ist oder nicht; ob die Erfüllung der Lücke in Folge der gereizten, empfindlichen Umgebung *r* der Eintrittsstelle des Sehnerven durch ein Phantasma vermittelt wird, oder ob vielleicht der blinde Fleck nur für das Licht unempfindlich, gegenüber dem elektrischen Reize aber gar nicht blind ist; a priori lässt sich diese Möglichkeit gar nicht bestreiten. Hier könnte folgendes Experiment entscheiden. Es müsste ein Individuum zunächst eine genaue Projection seines blinden Fleckes auf eine Tafel entwerfen, in der Art wie es Fick und Du Bois gethan, und dann vor dieser Tafel bei offenem Auge die galvanische Lichtfigur hervorrufen. Würde es sich herausstellen, dass sich die galvanische Figur der Eintrittsstelle und die Projection des blinden Fleckes genau decken, so dürfte man schliessen, dass die empfindliche Umgebung *r* der Eintrittsstelle aus dem Spiele geblieben ist, und der blinde Fleck zur Lichtempfindung durch den elektrischen Strom angeregt wurde. Würde die galvanische Figur grösser erscheinen, als die Projection des blinden Fleckes, dann kann man sicher sein, dass die empfindliche Umgebung *r* der Eintrittsstelle gewiss mit im Spiele ist, ob allein? ob zugleich mit einer vermutheten Lichtempfindung in der blinden Stelle? bliebe problematisch.

Ebenfalls ungewiss bliebe die Entscheidung, wenn die galvanische Figur kleiner als die Projection ausfiele, obschon es dann allerdings wahrscheinlicher wäre, dass die Lichtempfindung im Centrum der blinden Stelle durch den Strom direct erregt worden sei.

Ich war verhindert durch eine vorübergehende krankhafte Reizbarkeit meiner Augen, den angegebenen Versuch selbst anzustellen und muss daher für jetzt darauf verzichten, diesen Punkt zu erledigen. Vielleicht verfolgen Andere den von mir betretenen Weg.

Zusatz.

a) Die subjectiven Erscheinungen, welche vorzüglich bei starker Drehung der Augen nach der rechten oder der linken Seite in der Gegend der Eintrittsstelle des Sehnerven wahrgenommen werden, sind je nach der Richtung und der Art, in welcher das Auge gedreht wird, hinsichtlich der Grösse, der Gestalt, der Qualität und Intensität merklich verschieden, indem die Ausdehnung und Beschaffenheit der Reizung, der die Nerven-Elemente der Retina und des Opticus dabei ausgesetzt werden, wesentlich von der Spannung und Zerrung des

Opticus abhängen, welche bei den bekannten topographisch-anatomischen Verhältnissen dieses Nerven in der Augenhöhle, je nach der Richtung und Grösse der forcirten Drehung des Auges verschieden sein müssen. Wendet man z. B. beide Augen stark nach einer Seite, wobei sich das eine Auge nach innen, das andere nach aussen drehen muss, so wird man bei aufmerksamer Beobachtung finden, dass weder die Gestalt noch die Grösse, noch auch die Färbung und die Intensität der beiden an den Eintrittsstellen der Sehnerven wahrnehmbaren Lichtphänomene vollkommen gleich sind. Wenn man den Versuch bei geschlossenen Augenlidern im Sonnenlichte oder nahe vor der Milchglas-Glocke einer intensiv leuchtenden Lampe ausführt, dann bemerkt man leicht, dass das subjective Lichtphänomen in dem nach innen gewendeten Auge schon bei einer wenig forcirten Seitendrehung der Augen in Form eines Punktes auftritt, der nach innen an Ausbreitung zunehmend, bis zu einer rundlichen, gleichmässig blaugefärbten Fläche sich ausdehnt; während es für das nach aussen gewendete Auge einer weit forcirteren Seitendrehung bedarf, um in der Gegend der Eintrittsstelle des Opticus die subjective Farbenerscheinung, welche sich hier als ein weisslich, blau und heller röthlich-orange gesprenkelter, unregelmässiger Fleck von geringerer Grösse als im anderen Auge darstellt, hervorzurufen.

Ich begnüge mich hier im Allgemeinen auf die Unterschiede der beiden Lichtphänomene hingewiesen zu haben, und verzichte auf eine detaillirte vergleichende Beschreibung derselben, weil ich das Phänomen in dem nach aussen gewendeten Auge zu verschiedenen Zeiten und bei verschiedenem Grade der Drehung allzu wechselnd in Zeichnung und Färbung fand.

Lässt man mit der forcirten Drehung der Augen plötzlich nach, so erscheinen an der Stelle der beobachteten, hellere röthlich-orange gefärbte Flecke, gleichsam subjective Blendungsbilder, welche nach einigen Augenblicken wieder verschwinden; in dem nach aussen gedrehten Auge erscheint das Blendungsbild gewöhnlich von aussen her durch einen glänzenden halbmondförmigen Strich eingefasst.

b) Stellt man den Versuch in der Dunkelheit an, so treten statt der eben beschriebenen farbigen Flecken bekanntlich feurige Halbkreise und Kreise hervor. Nach PURKYNĚ's Beobachtung bestehen diese Halbkreise häufig aus mehreren concentrischen, durch dunkle Zwischenräume getrennten Lichtstreifen. Ihre Concavität ist nach derselben Seite gekehrt, nach welcher die beiden Augen gewendet werden.

Schliessen sich bei forcirter Drehung die feurigen Halbkreise zu ganzen Kreisen oder Ringen, so ist die neu hinzu gekommene

Hälfte gewöhnlich lichtschwächer als die ursprüngliche, in welcher häufig, namentlich in dem nach aussen gewendeten Auge, sehr glänzende Lichtfunken aufsprühen.

Sehr auffallend und vorläufig unerklärlich ist der Umstand, dass die beiden Lichterscheinungen im Dunkeln fast ganz gleich aussehen, während sie doch bei erleuchtetem Gesichtsfelde (s. oben sub a) so wesentliche Unterschiede zeigen. Hiermit hängt noch die andere Schwierigkeit zusammen, wie man es zu erklären habe, dass die fraglichen Erscheinungen bei erleuchtetem Gesichtsfelde eine flächenförmige, in der Dunkelheit aber eine ringförmige Ausdehnung haben, da doch die mechanische Reizung der optischen Nerven-Elemente in beiden Fällen ganz dieselbe ist. Wie der Mangel des objectiven Lichtes in dem einen, das Vorhandensein desselben in dem anderen Falle eine solche Verschiedenheit der Erscheinungen bedingen kann, dürfte für jetzt völlig unbegreiflich bleiben, da sich die beiden Formen der Erscheinungen nicht etwa wie positive und negative Photographien zu einander verhalten. Für jetzt wage ich nur die Vermuthung zu äussern, dass die optischen Nerven-Elemente durch die Zerrung des Sehnerven wohl in verschiedene Reizzustände versetzt werden mögen, welche in der Dunkelheit nur einfache und gleichartige Lichtempfindungen auslösen, welche aber die Verschiedenheit der Reizung erst qualitativ zu offenbaren und die MARIOTTE'sche blinde Lücke mit einem Phantasma zu füllen im Stande sind, wenn sie mit der Erregung durch objectives Licht combinirt sind.

c) Stellt man den Versuch vor einer nicht allzu grell beleuchteten weissen Wand an, so erscheint in dem nach innen gedrehten Auge ein dunkler ins Grüne stechender rundlicher Fleck, in dem nach aussen gedrehten Auge aber ein Fleck von röthlicher Farbe, der nach innen und etwas nach unten von einem dunklen ins Grüne ziehenden kleineren Fleck, der bei forcirterer Augendrehung eine halbmondförmige Gestalt annimmt, begrenzt wird. Dieser Halbmond scheint dem feuerigen Halbkreise im finstern Gesichtsfelde zu entsprechen.

d) Was die »galvanische Lichtfigur« und die wichtigen Fragen betrifft, welche ich an diese Erscheinung knüpfte, so habe ich es meiner Augen wegen leider noch immer verschieben müssen, weitere und entscheidende Versuche anzustellen. Ich bedaure daher um so mehr, dass es Herrn RUETE[1]) nicht gefallen hat, die Untersuchung

[1] Bildliche Darstellung der Krankheiten des menschlichen Auges. 1. u. 2. Lieferung. Leipzig 1854, S. 61, Taf. VIII, Fig. 10 und 11.

der »galvanischen Lichtfigur« auf dem von mir bezeichneten Wege fortzuführen, sondern, dass er es vorgezogen hat, die schon von PURKYNĚ viel klarer und erschöpfender beschriebenen Erscheinungen, in unvollkommener Weise zu reproduciren [1]), ohne auch nur PURKYNĚ's Beobachtungen zu citiren! RUETE spricht fast nur von den farbigen Ercheinungen an der *Macula lutea*. Das Verhalten der Eintrittsstelle des Sehnerven berührt er nur ganz oberflächlich; ja nach den grell und prächtig, aber unwahr illuminirten Abbildungen Taf. VIII, Fig. X und XI zu urtheilen, ist ihm der schon von PURKYNĚ ausdrücklich hervorgehobene Gegensatz zwischen Axenpunkt der Retina und Eintrittsstelle des Sehnerven ganz entgangen!

Unbegründet und willkürlich erscheint es mir überdies, wenn RUETE, a. a. O. S. 62, sagt: »Die gelbrothe Farbe in der Peripherie der Retina bei der Anwendung der + Elektricität, ist das Resultat der directen Thätigkeit der Retina (?), in welche sie durch die unmittelbare Einwirkung der Elektricität versetzt wird, während die blaue Farbe in der Mitte die Folge des Hervortretens der Complementärfarbe an der Stelle ist, die sich in relativer Ruhe befindet (?). Die Farben bei der Application der — Elektricität auf das Auge sind ganz dieselben, wie bei der +, nur ist die Vertheilung eine andere, indem hier das Centrum erleuchtet (?) ist, während in der Peripherie die blaue Complementärfarbe subjectiv (?) hervortritt.«

RUETE gibt nicht an, welche Gründe ihn zn der Annahme berechtigen, dass eine der Farben, und dass gerade das Blau eine Contrastfarbe sei. Das Gegentheil liesse sich eben so gut — behaupten! —

[1] Ich glaube bezweifeln zu müssen, dass Herrn RUETE die erste Abtheilung meiner »Physiologischen Studien« erst nach der Vollendung seines Werkes zugekommen ist, doch wage ich nicht, dies mit Bestimmtheit auszusprechen.

XXII.

Eine Modification des Scheiner'schen Versuches (sammt Zusatz).

[Wiener akademische Sitzungsberichte 1854 u. 1855 (Physiologische Studien).]

(Hierzu Fig. 14 u. 15 auf Taf. 13 und Fig. 8 u. 9 auf Taf. 16).

Schon im Jahre 1847 habe ich den SCHEINER'schen Versuch, welcher in der physiologischen Optik so häufig zur Anwendung kommt, auch zur Beobachtung der Farbenmischung in einem Auge eingerichtet und benützt.

Ich befestigte nämlich vor jede Oeffnung des Kartenblattes ein Glas von bestimmter Farbe. Blickt man durch ein SCHEINER'sches Doppelloch nach einem hellen Hintergrunde, so bemerkt man bekanntlich zwei helle Scheiben, welche sich mehr oder weniger decken, so dass ein beiden gemeinschaftlicher Raum vorhanden ist; diesen gemeinsamen Raum nenne ich das »Interferenzfeld«.

Es versteht sich von selbst, auf welche Art ich durch obige Vorrichtung meinen Zweck erreichte. Jede der beiden hellen Scheiben erschien in der Farbe des vor die entsprechende Oeffnung befestigten Glases, — das Interferenzfeld wurde von beiden Farben bestrahlt, und musste in einer Mittelfarbe erscheinen, um welche es sich eben handelte.

Zu meiner grossen Verwunderung fand ich, nachdem eine grosse Menge von farbigen Glasplatten durchprobirt worden war, dass nur Roth und Blau ihre Mischfarbe, Violet, gaben, während fast alle übrigen Grundfarben im Interferenzfeld ein helles Grau meist mit einem Stich ins Röthliche oder eine schmutzige Missfarbe erscheinen liessen.

Damals schob ich diese auffallende Erscheinung auf die Unreinheit der Farben im Glase und vermuthete, dass mit reinen Spectrumfarben Resultate zu erhalten wären, welche der gewöhnlichen Farbenlehre besser entsprechen sollten. Um Spectrum-Farben zum Versuche anwenden zu können, hatte ich mir vorgenommen, zwei kleine um eine horizontale Axe drehbare Glasprismen vor die Oeffnungen des Kartenblattes anzubringen, und durch die verschiedene Stellung der Prismen verschiedene Farben durch die Oeffnung des Kartenblattes fallen zu lassen.

Seither hat bekanntlich Helmholtz (Müll. Arch. 1852) seine neue Theorie der zusammengesetzten Farben entwickelt, und die auffallendste meiner Erfahrungen, dass nämlich Gelb und Blau weisslich Grau und durchaus nicht Grün gab, zu einer allgemein gültigen Thatsache erhoben.

Bedeckte ich bloss eine Oeffnung des Scheiner'schen Doppelloches mit einem farbigen Glase, so erschien mir der dem unbedeckten Loche entsprechende Zerstreuungskreis mit einem zarten Hauche der complementären Farbe des Glases überflogen. Betrachte ich eine Nadel durch ein so vorbereitetes Doppelloch, so erscheint mir ein farbiges Doppelbild derselben und zwar ist das eine Bild von der Farbe des Glases, das andere complementär gefärbt.

Das Belegen der Oeffnungen des Scheiner'schen Doppelloches mit farbigen Gläsern hat, abgesehen von diesen Beobachtungen der Farbenmischung in einem Auge, noch einen anderen Vortheil, und dieser betrifft die Demonstration des Scheiner'schen Versuches selbst. Betrachtet man nämlich eine Nadel, die man gegen das Licht hält, durch das farbige Doppelloch, so erscheint im Interferenzfeld auch ein farbiges Doppelbild der Nadel und zwar hat das eine der Doppelbilder die Farbe des vor der rechten, das andere die Farbe des vor der linken Oeffnung befestigten Glases. Das Doppelbild, welches der rechts gelegenen Oeffnung seine Entstehung verdankt, erscheint in der Farbe des Glases, das vor der links gelegenen Oeffnung angebracht ist, und umgekehrt, indem die gegen das Licht betrachtete Nadel zwei Schattenkegel durch die farbigen Oeffnungen in das Auge wirft, welche, wenn sie im Interferenzfeld auf der Retina projicirt werden, und die Farbe ihrer Oeffnung daselbst aufheben, in der Farbe der andern Oeffnung erscheinen müssen. Man ersieht hieraus wie sich unter diesen Umständen aus der Farbe des Doppelbildes unmittelbar bestimmen lässt, welcher Oeffnung es angehört.

In gewisser Entfernung erscheint die Nadel bekanntlich einfach

und dann ist sie schwarz, weil beide Schattenkegel auf denselben Punkt der Netzhaut auftreffen und alles Licht daselbst aufheben.

Betrachtet man durch das farbige Doppelloch statt der Nadel einen feinen Lichtpunkt, so erscheint derselbe als farbiger Doppelpunkt, und zwar gehört der Punkt zur Oeffnung gleicher Farbe. Es sei die rechte Oeffnung des Doppelloches mit einer gelben, die linke Oeffnung mit einer blauen Glasplatte bedeckt, so wird der Gang der Lichtstrahlen, welche von einem Lichtpunkte (A) ausgehen, folgender sein. (Taf. 13, Fig. 14).

Bringt man ein bei A durchlöchertes Kartenblatt vor die Doppelöffnung und lässt von A zwei feine Strahlenkegel durch die farbigen Gläser bei g und b einfallen, so bildet sich rechts ein gelbes (γ), links ein blaues (β) Bild des Punktes A.

Da die Retina alle Eindrücke umgekehrt nach aussen setzt, so sehen wir unter diesen Umständen das gelbe Bild links und das blaue rechts, wie die beiden Sehstrahlen anzeigen ($\beta\beta'$, $\gamma\gamma'$).

Entfernt man den Punkt A so weit, dass die Vereinigungsweite der Lichtstrahlen vor die Netzhaut fallen, dann erscheint uns das rechte Bild gelb und das linke blau, weil dann die linke Oeffnung ihr Bild objectiv rechts von dem Bilde der rechten Oeffnung auf die Netzhaut wirft, wie Fig. 15 der Taf. 13 zeigt.

Befindet sich A in der passenden Sehweite, so erscheint ein einfacher Punkt von weisser Farbe, indem dann das gelbe und blaue Bild auf denselben Netzhautpunkt fallen.

Zusatz.

a) Um mit Bequemlichkeit das Scheiner'sche Doppelloch mit verschiedenfarbigen Gläsern zu bedecken und die durch diese Modification ermöglichten Erscheinungen zu beobachten, habe ich mir folgenden einfachen Apparat construiren lassen. Vgl. Fig. 8 (Taf. 16). Es ist eine geschwärzte Messingplatte, in welcher sich eine quer ovale Oeffnung befindet, an dem Holzstiele S befestigt. An dieser Platte sind 2 um die Punkte A und B drehbare Scheiben in der Art befestigt, dass sie sich über der Mitte der querovalen Oeffnung berühren. Jede der Scheiben trägt knapp an der Peripherie 7 runde Oeffnungen (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6), in welchen Gläschen von rother, oranger, gelber, grüner, blauer und violeter Farbe eingesetzt sind. Die Oeffnung mit dem Zeichen 0 ist leer gelassen. Die abnehmbare Spange D trägt in ihrem Ringe das in ein Stückchen Zinnfolie (Stanniol) eingestochene Doppelloch, welches so über die beiden eingestellten Oeffnungen zu

liegen kommt, dass jedes Loch von einem anderen farbigen Gläschen verlegt wird. Hält man den Apparat knapp vor ein Auge und blickt nach dem gleichmässig umwölkten Himmel, so sieht man zwei gefärbte Kreise, welche in der Mitte über einander greifen und in diesem »Interferenzfelde« eine eigenthümliche Mischfarbe erzeugen.

Man kann leicht durch Drehen der die farbigen Gläschen tragenden Scheiben alle möglichen Combinationen der verschiedenen Farben einstellen, so dass dieser Apparat sehr gut zur Untersuchung der Farbenmischung in einem Auge und subjectiver Farbenerscheinungen u. s. w. gebraucht werden kann.

b) Stellt man den Apparat so ein, dass das eine Loch über die Oeffnung 1, 2, 3, 4, 5 oder 6, das andere hingegen über die Oeffnung 0 zu liegen kommt, so fällt durch das erstere farbiges, durch das letztere weisses Licht ins Auge. Das Interferenzfeld wird dann von weissem und farbigem Lichte zu gleicher Zeit bestrahlt. Unter diesen Umständen erscheinen die Netzhautstellen, welche nur von weissem Lichte getroffen werden, wie ich bereits mitgetheilt habe, nicht rein weiss, sondern complementär gefärbt zu der Farbe des angewendeten Glases, vgl. Fig. 9 (Taf. 16). Daher ist sowohl die ganze kreisförmige Fläche, welche dem das weisse Licht durchlassenden Löchelchen entspricht, bis auf das Interferenzfeld, das mit einem Hauch der Farbe des angewendeten Gläschens überzogen ist, complementär dazu gefärbt, als auch jede Stelle des Interferenzfeldes, an welcher ein durch das gefärbte Löchelchen einfallender Schatten die gefärbten Strahlen eliminirt und die weissen allein zurückbleiben.

Das letztere findet statt, wenn man eine Nadel, welche sich diesseits oder jenseits des Accommodationspunktes befindet, gegen einen hellen Hintergrund, am besten gegen den umwölkten Himmel gehalten, betrachtet. Die Nadel wirft dann durch jedes Löchelchen ein Schattenbild auf das Interferenzfeld. Das eine Schattenbild hebt die farbigen, dass andere die weissen Strahlen an den getroffenen Netzhautstellen auf, welche daher im ersten Falle nur durch die weissen, im zweiten nur durch die farbigen Strahlen erregt werden, so dass das eine Bild der Nadel in der Farbe des angewendeten Gläschens, das andere hingegen complementär gefärbt erscheint.

Diese subjectiv auftretenden complementären Färbungen finden durch das Princip des Contrastes ihre ungezwungene Erklärung, welche Brücke[1]) mit gewohnter Klarheit folgendermassen ausgeführt hat:

[1] Brücke: »Untersuchungen über subjective Farben«. Denkschr. d. math.-naturw. Classe d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien. Bd. III, 1851.

»Wenn sich nun gleich in der physikalischen Theorie der Farben durchaus kein Anhaltspunkt findet, um die Complementärfarben an und für sich als Gegensätze zu betrachten, so ist es doch auf der anderen Seite unzweifelhaft, dass sie für die subjective Anschauung Gegensätze bilden, indem sie sich neben oder nach einander empfunden verstärken; wenn aber ihre Eindrücke im Sensorium einander decken, sich gegenseitig zerstören, und es lässt sich leicht die Mechanik aufdecken, durch welche uns eine Farbe so afficiren kann, dass wir ihren Gegensatz, ihr Complement zu sehen glauben, wenn dasselbe weder objectiv, noch als Erregungszustand in den peripherischen Theilen unserer Sehnerven-Elemente existirt. Wenn wir angeben, dass überhaupt irgend eine Farbe vorhanden sei, so sagen wir damit, dass die Lichtwellensysteme verschiedener Schwingungsdauer nicht in solchen Amplituden mit einander combinirt sind, dass sie sich unter einander zu Weiss oder Grau neutralisiren. Unser ganzes Urtheil über Farben muss also wesentlich von der Vorstellung abhängen, welche wir vom neutralen Grau oder, wenn es sich um höhere Lichtintensitäten handelt vom reinen Weiss haben. Wenn das Gedächtniss in unseren Sinnen ein absolutes und mithin die Vorstellung vom Weiss in uns eine unwandelbare wäre, so würden wir auch immer richtig über die Farben urtheilen, d. h. wir würden Grün für grün, Roth für roth etc. erklären. Dem ist aber nicht so; vermöge der Unvollkommenheit unseres sinnlichen Gedächtnisses nennen wir zu verschiedenen Zeiten Dinge weiss, welche sich neben einander als höchst verschiedenfarbig erweisen. Wären wir nun disponirt, ein Licht weiss zu nennen, welches z. B. einen Ueberschuss an Grün enthält, so würden wir zu derselben Zeit das reine Weiss für roth erklären, und wiederum ein andermal könnten wir dieses selbe reine Weiss für grün erklären, wenn wir disponirt wären, ein Licht mit einem Ueberschusse an rothen Strahlen für weiss zu halten.

»Es ist nun hinreichend bekannt, dass wenn wir plötzlich eine grosse Menge farbigen Lichtes auf unsere Augen wirken lassen, z. B. wenn wir durch ein farbiges Gläschen sehen, die Farbe desselben im ersten Augenblicke mit der vollen Energie auf uns wirkt, diese aber von Moment zu Moment abnimmt und zwar in solchem Maasse, dass Leute, welche eine farbige Brille tragen, oft nachdem sie dieselbe kurze Zeit vor den Augen gehabt haben, sich nicht mehr deutlich bewusst sind, dass sie die Gegenstände in anderen als in den natürlichen Farben sehen. In demselben Maasse aber, in dem für uns die Energie des Farbeneindruckes verloren geht, muss offenbar auch unsere Vorstellung vom Weiss verändert werden, und wir werden des-

halb unmittelbar disponirt, das reine Weiss oder das neutrale Grau, für complementär gefärbt zu halten, ja wenn die Verschiebung unserer Vorstellung von Weiss bedeutend ist, so kann uns sogar ein gefärbter Gegenstand in der zu seiner wahren Farbe complementären erscheinen. Denke ich mir z. B. ich sehe durch ein rein grünes Glas und die Energie des Eindruckes dieser Farbe sei schon so gesunken, dass ich gemischtes Licht mit einem beträchtlichen Ueberschuss von Grün schon für weiss erklären würde, so müsste ich offenbar ein anderes gemischtes Licht, in dem ein geringerer Ueberschuss von Grün vorhanden wäre, schon für roth erklären, obgleich ich im Normalzustande meiner Empfindungen keinen Augenblick angestanden haben würde, es grün zu nennen. Auf diese Weise glaube ich, erklären sich am ungezwungensten die oben angeführten Beobachtungen.«

Beiläufig erlaube ich mir hier darauf aufmerksam zu machen, dass Brücke durch die citirte Auseinandersetzung eine höchst interessante Analogie zwischen den Gesichtsempfindungen und den Wärme- und Kälteempfindungen, welche, wie E. H. Weber gezeigt hat, ebenfalls nach einem subjectiven, veränderlichen Maassstabe beurtheilt werden, aufgedeckt hat. Je nachdem der Nullpunkt unseres subjectiven Thermometers in der einen oder der anderen Richtung verschoben ist, erklären wir bekanntlich eine und dieselbe objective Temperatur bald für warm, bald für kalt u. s. w. Ich möchte behaupten, dass man unter den Thätigkeitserscheinungen der übrigen Sinne ebenfalls analoge Verhältnisse finden würde, wenn man unter den Geruchs-, Geschmacks- und Gehörs-Empfindungen solche subjective Gegensätze oder Complemente, wie unter den Empfindungen des Temperatur- und Gesichtssinnes entdecken könnte. Für das Gehör findet sich im Reiche der musikalischen Töne nichts destoweniger, wie ich glaube, eine entfernte Analogie.

Es ist nämlich bekannt genug, dass derselbe Ton, derselbe Accord bald einen angenehmen, harmonischen, bald einen unangenehmen disharmonischen Eindruck macht. Spielt oder singt man z. B. die *G-dur* Tonleiter, so ist man genöthigt die siebente Stufe von *f* auf *fis* zu erhöhen, weil unserem Gehör die Tonfolge *efg* in der diatonischen *G-dur* Tonleiter widerstrebt. Dieselbe Tonfolge *efg* befriedigt uns aber vollständig, wenn wir die Tonleiter statt mit *G* mit *C* beginnen, ja, nachdem wir die *C-dur* Tonleiter gespielt oder gesungen haben, können wir auch die Octave von *G* bis *g* hören lassen und *f* statt *fis* intoniren, ohne dass unser Gehör den geringsten Anstoss daran nimmt. Die musikalische Geltung eines Tones oder Accordes wird eben nach dem Grundton oder der *Tonica* beurtheilt, desshalb ändert

sich jene Geltung für dieselben objectiven Töne und deren melodische oder harmonische Combinationen, je nachdem die subjective Auffassung diesen oder jenen Ton als Grundton festhält. —

Das eine der im Interferenzfelde entstehenden complementär zu einander gefärbten Doppelbilder einer Nadel (vergl. oben sub b) gehört unter die Erscheinungen der farbigen Schatten, welche man gewöhnlich auf andere Weise hervorzurufen pflegt. Unter den Bedingungen meines oben angeführten Versuchs tritt die subjective Färbung des Schattens mit grösster Reinheit und Intensität hervor, so dass sich der angegebene Versuch vor den anderen Arten, farbige Schatten zu erregen, zur Demonstration besonders empfiehlt.

Was die Erscheinung selbst angeht, so können wir uns die Frage stellen: »ob der Farbe des Schattens wirklich der Erregungszustand der betreffenden Netzhautstelle entspreche oder nicht« und werden dieselbe *mutatis mutandis* mit Brücke (a. a. O.) folgendermaassen erörtern: »Betrachte ich den rothen Schlagschatten, welchen ein Körper hinter einer grünen Glastafel auf einen weissen Grund wirft, so ist sicher, dass das dem Schatten entsprechende Netzhautfeld nicht von rothem sondern nur von neutralem (weissem, grauem) Lichte erregt wird. Ich kann auch nicht annehmen, dass das grüne Licht auf diesem Netzhauttheile roth inducirt; denn Grün inducirt, wie wir oben gesehen haben, nicht die ihm complementäre, sondern die ihm gleiche Farbe. Man kann also nur annehmen, entweder, dass der Erregungszustand jenes Netzhautfeldes der Wirkung des neutralen Lichtes entspricht, und nur die durch das grüne Licht in unserem Sensorium hervorgebrachte Verstimmung bewirkt, dass wir ihn als Roth empfinden, oder dass das grüne Licht die Netzhaut so verändert, dass die von ihm nicht getroffenen Stellen von neutralem Licht in einen Erregungszustand versetzt werden, der dem Roth entspricht. Da wir aber oben gesehen haben, dass wir in Fällen, in welchen der Erregungszustand eines Netzhautfeldes sicher nur dem Grau oder gar dem Graugrün entspricht, lediglich durch die Verstimmung unseres Sensoriums Roth empfanden, so würde die letztere der beiden Annahmen eine unnöthige und durch nichts gerechtfertigte Hypothese sein. Dasselbe, was über die rothen Schatten im grünen Lichte gesagt ist, gilt von den gelben Schatten im violeten Lichte. Bei den grünen Schatten im rothen Lichte kann man allerdings darauf rechnen, dass das Roth auf dem dem Schatten entsprechenden Theile der Netzhaut das ihm complementäre Grün inducire, aber man darf dies nicht auf andere Farben übertragen, ehe man sich auf die oben von mir beschriebene Weise überzeugt hat,

dass sie wirklich im Stande sind, ihre Complementärfarben zu induciren.«

Anmerkung. Nachdem ich bereits diese Zusätze vollendet hatte, kamen mir die Verhandlungen der naturf. Gesellsch. in Basel 1854, I. Heft in die Hände, worin sich ein interessanter Aufsatz von Fr. Burckhardt: »Ueber Binocularsehen« (S. 123) findet. Ich habe für jetzt weder Zeit noch Raum, um genauer auf diese Arbeit eingehen zu können und muss mich darauf beschränken zu bemerken, dass Burckhardt auf ähnliche Versuche »über den Zusammenhang zwischen Accommodation und Augenstellung« gekommen ist, wie ich, dass wir aber nichts destoweniger in manchen Punkten nicht unbedeutend von einander abweichen.

XXIII.

Eine alte Beobachtung über die Function der Schwingkölbchen der Zweiflügler.

[»Lotos« 1854. Novemberheft.]

Burmeister sagt in seinem »Handbuch der Entomologie« (Berlin 1832. Band I, S. 500): »Was die Function der Schwingkolben beim Fluge betrifft, so hat schon Schelver (Beobachtungen über den Flug und das Gesumme einiger zweiflügligen Insekten. Wiedemann's Arch. 2. Band, 2. Heft S. 212) bewiesen, dass sie bei der Ausführung des Fluges wesentlich mitwirken«. Beim Durchblättern von Martin Frobenius Ledermüller's: Mikroskopischer Gemüths- und Augen-Ergötzung (Nürnberg 1763) fand ich jedoch vor Kurzem, dass die Priorität dieser Beobachtung dem Kupferstecher Adam Wolfgang Winterschmidt in Nürnberg, dem Verleger des Ledermüller'schen Werkes, gebührt.

In dem »Register der Kupfertafeln zur Nachlese« in dem Ledermüller'schen Werk findet sich folgende Stelle:

»Taf. XLII. Die ganze Fliege von der Seite der Brust und des Bauches, nebst den sogenannten Schallhämmerlein, wovon bei der Erklärung etwas besonderes zu lesen ist«.

Dieses Besondere ist nun ein Brief Winterschmidt's, in welchem er Herrn Ledermüller seine Beobachtungen und Versuche über die Bedeutung der Schwingkolben für das Fliegen der Zweiflügler mittheilt. Die betreffende Stelle aus Winterschmidt's Briefe lautet wie folgt:

»Das aller merkwürdigste aber von diesen zwei Theilchen (den Schwingkolben), welche ich jezo Luftbläschen nennen will, ist, dass sie die Fliegen in der Luft erhalten. Diese Beobachtung verdient nachgemacht zu werden, welches gar leicht ohne Vergrösserungsglas, vermittelst eines guten Auges, geschehen kann. Wenn man einer Fliege

diese zwei kleinen Theile mit einem feinen Zänglein abnimmt, ohne dass das mindeste an den Flügeln verletzt noch die Mücke gedrückt wird, so ist sie sogleich unvermögend zu fliegen oder sich mehr in der Luft zu erhalten. Man hat aber darauf zu sehen, dass diese Bläschen sammt dem Stiel ausgerissen werden; dann sonst behält sie noch einige Kraft zum Fliegen: welches mir zwar unter mehr als hundert Wiederholungen nicht einmal begegnet ist (sic!). Bei dieser Operation lässt sich's nicht wohl vermuthen, dass der Schmerze vom ausreissen dieser Luftbläschen die Kraft zu fliegen verhindern sollte. Dann wann man einer Mücke die 6 Füsse mit den zwei Schallhäuten abreisst, oder auch sogar den ganzen Unterleib, so fliegt sie doch nach solchem Verlust so hurtig hinweg, als wäre ihr nichts geschehen, dieses mögte ihr aber nach meinem Begrife ungleich grössere Schmerzen verursachen, zumal da die Schallhäutchen fast an den Flügeln sizen, und hingegen diese kleineren Theile noch viel weiter davon entfernt sind, dass sie also den Flügeln wenig Kraft oder Saft benehmen werden. Auch habe ich um mehrere Gewissheit zu erhalten, viele Mücken nach dem ausreissen dieser Theilchen unter einem Glas mit gutem Futter 3 Täge, und einige 8 Täge aufbehalten; daher zu glauben ist, dass sich in socher Zeit der Schmerze oder die Wunde solte verlohren haben: Allein ich fand, dass sie ebensowenig als gleich nach dem ausreissen fliegen konnten. Diese Wahrnehmungen habe ich alle an der gemeinen Stubenmücke richtig befunden, und es lässt sich schlüssen, dass sich solche auch an den übrigen Arten nemlich an denjenigen, welche nur zwei Flügel tragen, nicht viel anders verhalten werden. Doch ich will dieses nicht gewiss behaupten; weil ich noch nicht alle Geschlechte untersuchen konnte. Die Zeit war mir zu kurz, da dieser Textbogen schon unter der Presse war. Doch vieleicht ist meine Betrachtung vermögend, den Naturliebhaber zu viel wichtigeren Untersuchungen aufzumuntern; mir selbst aber, hat sie Gelegenheit zu einer Abhandlung gegeben, welche ich nicht zurückhalten würde, wann ich ihr den Schmuck einer gelehrten Feder geben könnte. Indessen hoffe ich hier nicht zu weit gegangen zu sein und verbleibe mit wahrer Hochachtung«

Nürnberg den 30 August
1763. Euer etc.

A. W. Winterschmidt.

In einer Nachschrift bestätigt Ledermüller die Beobachtung seines Verlegers, welche später Schelver (wahrscheinlich ohne von Winterschmidt und Ledermüller etwas zu wissen) ebenfalls gemacht hat.

Burmeister, der Schelver's Angaben zum grössten Theil bestätigt und weitere Versuche angestellt hat, fügt zur Erklärung dieser auffallenden Erscheinung kein Wort hinzu. Die Frage über die Function der Schwingkolben steht somit heute noch auf demselben Punkte, wie im Jahre 1763 den 30. August. Für Jene, welche diesen räthselhaften Gegenstand einer genaueren Untersuchung unterwerfen möchten, würde ich mir Folgendes zu bemerken erlauben. Der durch die an den citirten Stellen angegebenen Versuche constatirte Einfluss der Thätigkeit der Schwingkölbchen auf das Fliegen kann meiner Ansicht nach entweder ein directer oder ein indirecter sein — direct, in so fern die Schwingungen der Kölbchen ähnlich wie die Flügel selbst auf mechanische Weise zur Ermöglichung des Fliegens beitragen; indirect, in so fern die Kölbchen auf irgend eine noch zu ermittelnde Weise das Zustandekommen der gewissen, das Fliegen bedingenden Bewegungen der eigentlichen Flügel möglich oder unmöglich machen, je nachdem sie unverletzt, normal functioniren oder verletzt, und ganz oder zum grössten Theil entfernt sind.

Zur Entscheidung dieser Möglichkeiten wird man zunächst genau die Bewegungen, welche die Schwingkölbchen ausführen, durch unmittelbare Beobachtung studiren und aus der Anatomie der Kölbchen construiren müssen. Vielleicht ergeben sich hierbei weitere Fingerzeige, in welcher Richtung man zu suchen und zu experimentiren habe. Dann aber vervielfältige man die Bedingungen des ursprünglichen Versuches und beobachte die dadurch gesetzten Veränderungen des Fluges. Schliesslich schlage ich den Versuch vor, die Schwingkölbchen ausser Thätigkeit zu setzen, ohne dieselben zu verletzen, indem man sie in ihren Bewegungen auf irgend eine Art, z. B. durch ein Tröpfchen Leim oder Gummi arab. hindert. Sollte eine auf diese Art behandelte Fliege noch zu fliegen im Stande sein, dann wäre der Beweis geliefert, dass der Einfluss der Schwingkölbchen auf den Flug kein directer ist. — Der indirecte Einfluss bliebe dann noch zu finden. —

Ich selbst bin gegenwärtig leider durch gehäufte Berufsgeschäfte und den Mangel an Stubenfliegen verhindert, die gar nicht uninteressante Untersuchung über die Function der Schwingkölbchen auf dem angedeuteten Wege vorzunehmen. Vielleicht wird mir dies später einmal möglich sein. Freuen würde es mich aber, wenn sich Jemand meine Andeutungen zu Nutze machte und recht bald eine Lösung dieses Problems versuchte. Der Winter ist freilich nicht die Jahreszeit zu solchen Untersuchungen. —

XXIV.

Das Stereophoroskop.

[Wiener akademische Sitzungsberichte 1855 (Physiologische Studien).]

(Hierzu Fig. 26 auf Taf. 16).

Bei der gewöhnlichen Einrichtung des Phorolyts oder Phoroskops, welches unter dem Namen der STAMPFER'schen »Wunderscheibe« oder der »lebenden Bilder« in weiteren Kreisen bekannt ist, kann man streng genommen nur solche Bewegungen darstellen, die in einer Ebene und zwar in der Bildebene geschehen. Es erschien mir wünschenswerth, das Phorolyt so einzurichten, dass man in den Stand gesetzt würde, auch solche Bewegungen vorzutäuschen, welche in der Dimension der Tiefe zu geschehen scheinen.

Diese Absicht habe ich schon vor längerer Zeit auf einem doppelten Wege erreicht: a) einmal indem ich einfach statt ebener Bilder, körperliche Gegenstände als Gesichtsobjecte gebrauchte; b) das andere Mal, indem ich das Phorolyt mit dem Stereoskop verband und statt einfacher Bilder stereoskopische Doppelbilder anwendete.

In neuester Zeit hat man sich auch in Paris bemüht, eine combinirte Wirkung des Phorolyts und des Stereoskops zu erzielen. Was ich jedoch von diesen Bemühungen durch Pariser Freunde erfahren habe, kann mich um so weniger bestimmen, meine eigenen einschlägigen Versuche der Oeffentlichkeit vorzuenthalten, als ich die Nachrichten über die Pariser Bestrebungen erst erhielt, nachdem ich meine Gedanken bereits ausgeführt hatte, und die ersteren nur dahin zu zielen scheinen, Bewegungen plastisch erscheinender Figuren, nicht aber Bewegungen in der Dimension der Tiefe darzustellen.

a) Bei der Anwendung körperlicher Gegenstände genügt die gewöhnliche Einrichtung des Phorolyts zur Darstellung der Bewegungen in der dritten Dimension des Raumes; denn um die Illusion einer Bewegung hervorzurufen, welche senkrecht zur Gesichtsfläche des Beobachters stattfindet, habe ich mich ganz einfach einer Anzahl Stecknadeln von gleicher Form und Grösse bedient. Ich stach nämlich jeder Spalte der Durchsichtsscheibe gegenüber je eine Nadel senkrecht in die Pappscheibe, welche sonst die Bilder zu tragen pflegt, ein, und ordnete dieselben so, dass die erste Nadel nur mit dem Knopfe, die anderen aber in stetiger Reihe immer länger und länger hervorstanden und die letzte Nadel nur noch mit der Spitze — so weit als zu ihrer Befestigung erforderlich schien — in der Pappscheibe stak.

Betrachtete man nun die in angegebener Weise mit Nadeln besteckte Scheibe, während dieselbe mässig rasch um ihre Axe gedreht wurde, in gewohnter Art durch die Durchsichtsscheibe hindurch, so schien es, als ob jede Nadel durch eine unsichtbare Hand in senkrechter Richtung zur Antlitzfläche des Beobachters vor- und zurückgeschoben würde, wobei das Knopfende der Nadel gewöhnlich in ein mehr oder weniger tief gespaltenes Doppelbild zerfuhr. Der ganze Effect — obschon erwartet und vorausgesehen — überraschte doch, denn die Illusion war vollständig, und kaum von Wirklichkeit zu unterscheiden — es sei denn durch die Geräuschlosigkeit und Gleichmässigkeit der Bewegungen. Die Fülle der möglichen Modificationen und Verschönerungen dieses Grundversuches — durch welchen jedermann sein gewöhnliches Phorolyt auf die einfachste Weise in ein Stereophorolyt verwandeln kann — ist geradezu unendlich.

b) Die Einrichtung eines Stereophorolyts, bei welchem stereoskopische Doppelbilder in Anwendung kommen sollen, wird offenbar je nach der Art des Stereoskops, das man mit dem Phorolyt combiniren will, verschieden ausfallen müssen. Mir schien es am einfachsten, das bekannte Linsen-Stereoskop zu dem fraglichen Zwecke zu wählen, für welches beide Bilder auf einen und denselben Pappestreifen neben einander geklebt werden. Diese Pappestreifen, von denen jeder je zwei correspondirende Bilder trägt, befestige ich in gehöriger Reihenfolge an die Seitenflächen eines mehrseitigen, um eine horizontale Axe drehbaren Prisma's (vgl. Fig. 26, *P*). Zur Vollendung des Apparates ist nur noch ein der Durchsichtsscheibe des gewöhnlichen Phorolyts analoger Theil erforderlich. Er besteht bei meiner Vorrichtung in einem aus viereckigen Pappendeckelstücken zusammengesetzten Gürtel (*G*). Jeder Seite des die Bilder tragenden Prisma's ist in der Entfernung von einigen Zollen je ein Pappendeckel-

stück des Gürtels, der somit eben so viele Kanten und Flächen zählt als das Prisma, parallel gegenüber durch feine Stäbchen angebracht und befestigt. In der Mitte jedes dieser Pappendeckelstücke befindet sich eine mehrere Linien breite, der Axe des Prisma's parallele Spalte (S), durch welche hindurch das stereoskopische Doppelbild der entsprechenden Seite des Prisma's bequem übersehen werden kann (vgl. Fig. 26 auf Taf. 16).

Befestigt man nun noch den die Linsen enthaltenden Theil eines Strereoskopes in passender Entfernung von und in richtiger Stellung zu den stereoskopischen Bildern, so versteht es sich von selbst, dass, wenn das Prisma sammt dem die Spalten enthaltenden Gürtel in Rotation versetzt wird, sämmtliche Bilder in geordneter Reihenfolge das Gesichtsfeld passiren und den berechneten Effect hervorbringen müssen. Der geübte Beobachter kann das Stereoskop übrigens ganz entbehren und durch die passende Stellung der Augenaxen vollkommen ersetzen.

Das Schwierigste bei der ganzen Sache ist das Entwerfen richtiger und brauchbarer stereoskopischer Bilder — doch kann man auch hierzu, wie überhaupt für das Stereoskop, die Photographie mit Vortheil benützen. Man lässt sich nämlich, statt, wie ich es behufs der Vorversuche gethan habe, mühsam die Bilder zu construiren, körperliche Relief- oder Hohl-Modelle, z. B. eine Reihe von Pyramiden von gleicher Basis, aber stetig wachsender Höhe, anfertigen und in Form stereoskopischer Doppelbilder photographiren. So viel sich a priori schliessen lässt und ich nach meinen Versuchen bestätigen kann, zu welchen freilich keine Photographien, sondern nur selbstverfertigte Constructionen, die nicht den höchsten erreichbaren Grad von Vollkommenheit besassen, verwendet wurden; so muss die erzielte Täuschung darinnen bestehen, dass (um bei dem gewählten Beispiele zu bleiben) man eine Pyramide zu sehen glaubt, welche in senkrechter Richtung zur Gesichtsfläche des Beobachters emporwächst oder zusammenschrumpft u. s. w.

Noch muss ich den Umstand hervorheben, dass bei beiden Arten des Stereophorolyts (sub a und sub b) immer Doppelbilder der nächsten oder entferntesten Punkte auftreten, sobald die Grenzunterschiede der stereometrischen Verhältnisse bedeutend sind und der Apparat rasch gedreht wird. Dies ist eine ganz nothwendige Erscheinung, welche die Illusion im Ganzen nicht beeinträchtigen kann, da sie in der Natur der Sache begründet ist.

Da man in Paris so bedeutende Fortschritte in der Photographie

gemacht hat und in allen ähnlichen Dingen so viel Geschmack und Geschick entwickelt, so wäre es nur zu wünschen, dass die weitere praktische Ausführung dieser gegenwärtig wohl viele erfinderische Köpfe bewegenden Ideen dort in Angriff genommen würden — obschon für theoretische Zwecke die vorliegenden Mittheilungen genügen und ausreichen dürften.

XXV.

Beiträge zur Physiologie des Tastsinnes.

[Wiener akademische Sitzungsberichte 1855 (Physiologische Studien).]

(Hierzu Fig. 27 u. 28 auf Taf. 16 und die Tafeln 17 und 18).

§ 1. Vergleichende Beobachtungen über die Feinheit des Raumsinnes der Haut bei Kindern und bei Erwachsenen.

HARTING[1]) hat die interessante Entdeckung gemacht, dass die Zunahme des Durchmessers der Nervenstämme während des Wachsthums nicht durch die Vermehrung der Anzahl der Primitivfibrillen, sondern durch die Verdickung des Neurilems einerseits und der bereits vorhandenen Primitivfibrillen andererseits bedingt werde. HARTING sagt (a. a. O. S. 74):

»4. *Les moyennes générales des nombres de tubes primitifs composant les nerfs sont:*

	Nerf median	Nerf crural
Foetus	21,432	28,500
Enfant nouveau né	20,906	37,297
Homme adulte	22,560	35,416

Quoique les chiffres rapportés dans la table dénotent, que le nombre des tubes primitifs d'un nerf est loin d'être fixe, mais qu'il varie au contraire beaucoup chez les différents individus, il résulte cependant des moyennes, que cette différence ne tient pas à l'âge, mais que l'enfant nouveau né possède le même nombre de tubes primitifs que l'homme adulte. En combinant les moyennes on trouve pour la somme totale des tubes primitifs contenus dans les deux nerfs chez:

l'enfant	58,203
l'homme adulte	57,976

[1] HARTING: Recherches micrométriques. Utrecht 1854.

Chez le foetus le nombre est déjà si grand, qu'il paraît, qu'au moins dans le nerf median, le nombre est complet, tandis que celui trouvé pour le nerf crural n'est pas beaucoup au dessous de la moyenne, et surpasse même en un cas celui trouvé pour un des adultes. À la vérité, je n'ai pu tenir compte ici du neurilème, comme je l'ai déjà indiqué, mais la quantité en était si petite, qu'elle ne saurait influer beaucoup sur le résultat. On peut donc admettre, qu'à la fin du quatrième mois le nombre des tubes nerveux est à-peu-près complet, ce qui n'a lieu pour aucun des éléments, qui constituent les autres tissus examinés, et semble fournir une preuve nouvelle de la haute importance du tissu nerveux, pour faire parvenir les autres tissus à leur plein développement«.

a) Der Mensch besitzt also als Erwachsener dieselbe absolute Menge von peripherischen Nervenfibrillen, welche er als Kind besessen hat. Dieser Satz gilt mit Sicherheit für die cerebrospinalen Nerven — somit auch für die Tastnerven der Haut; denn obgleich Harting's genaue Messungen sich nur auf den *N. medianus* und *N. cruralis* beziehen, so hat man doch nicht den geringsten Grund, die Allgemeingiltigkeit dieses Satzes für sämmtliche peripherische Nerven des cerebrospinalen Systems zu bezweifeln. Von den Nerven des sympathischen Systems haben wir hier nicht zu handeln.

b) Die quadratische Ausdehnung der Haut, in welcher die Tastnerven ihre peripherische Endverbreitung haben, ist bei Erwachsenen ungleich grösser, als bei Kindern. Ein Satz, dessen Richtigkeit wohl von selbst einleuchtet und nicht erst durch Messungen bewiesen zu werden braucht. Diese beiden Prämissen (sub a und sub b) führen nun zu dem Schlusse, dass bei Kindern die relative Menge der Tastnervenfasern im Allgemeinen grösser sein müsse, als bei Erwachsenen. Unter der relativen Menge der Tastnervenfasern haben wir bekanntlich jene Anzahl von Fasern zu verstehen, welche sich auf einer als Maasseinheit angenommenen Fläche, z. B. auf einer Quadratlinie verbreiten. Bei Kindern kommen also auf eine Quadratlinie Haut mehr Fibrillen, als bei Erwachsenen.

Die von einer elementaren Nervenfaser versorgte Hautfläche hat E. H. Weber bekanntlich einen Empfindungskreis genannt. Demnach kann man im Allgemeinen behaupten, dass Kinder auf einem gleich grossen Hautstücke mehr und kleinere Empfindungskreise als Erwachsene besitzen werden. Da nun nach Weber's bekannten Untersuchungen über den Tastsinn, die Feinheit des Raumsinnes der Haut mit dem Durchmesser der

Empfindungskreise in umgekehrtem Verhältnisse steht, so folgere ich, dass Kinder im Allgemeinen einen feineren Raumsinn der Haut besitzen müssen als Erwachsene.

Dieser Satz hat sich durch meine vergleichenden Messungen als richtig herausgestellt. Ohne directe Beweise wäre derselbe wohl sehr wahrscheinlich gewesen, aber doch immer problematisch geblieben, da man den Einfluss der Erziehung und Entwickelung des Sinnes und des Verstandes einerseits, und der möglicherweise im Verlaufe des Wachsthums eintretenden Veränderungen in der Anordnung des Tastnervensystems und des Tastorgans andererseits, nicht a priori berechnen kann.

Genau genommen, beziehen sich alle die Folgerungen, welche ich soeben entwickelt habe, auf die Wachsthumsstufen und Altersperioden eines und desselben Individuums; allein abgesehen von individuellen Verschiedenheiten der Feinheitsgrade des Raumsinnes der Haut, können meine Folgerungen und Messungen füglich als entsprechend gewissen allgemeinen und normalen Verhältnissen zwischen Kindern und Erwachsenen, gelten, da alle Erwachsenen offenbar einst Kinder gewesen sind und die Kinder zum grossen Theil zu Erwachsenen werden. Freilich weichen Erwachsene unter sich und Kinder gleicher Wachsthumsstufe unter sich in den individuellen Feinheitsgraden des Raumsinnes der Haut, selbst unter übrigens möglichst ähnlichen Umständen, nicht unbeträchtlich von einander ab, allein nichts destoweniger kann man, wie mir scheint, nach Wiederholung der Messungen an vielen Individuen eine maassgebende Vergleichung der gewonnenen Resultate schon wagen.

Ich habe diesen Punkt berührt, um gleich von vornherein einem Einwand zu begegnen, welchen man, ohne gründliche Ueberlegung, gegen die Beweiskraft meiner später mitzutheilenden Messungen an Kindern erheben könnte. Man könnte nämlich die durch diese Messungen wirklich nachgewiesene grössere Feinheit des Raumsinnes bei Kindern einfach auf die Verschiedenheit individueller Feinheitsgrade des Raumsinnes der untersuchten Kinder und des zum Vergleich dienenden Erwachsenen schieben wollen. Das eben Gesagte und die sich später ergebende Uebereinstimmung der allgemeinen Messungsresultate, welche an verschiedenen Kindern gewonnen wurden, zeigen jedoch wie unwahrscheinlich und unstatthaft es wäre anzunehmen, dass ich zufällig auf eine Zahl Kinder gestossen sei, die sämmtlich einen so ungewöhnlich feinen Raumsinn besassen, dass nur aus diesem Grunde die Vergleichung der an ihnen gewonnenen Messungsresultate mit jenen, welche Weber

für einen Erwachsenen erhielt, zu ihren Gunsten hätte ausschlagen müssen.

Eben so unstatthaft wäre es, zu vermuthen, dass WEBER's Messungen an der von mir nachgewiesenen Differenz Schuld seien, indem sie vielleicht zufällig an einem ausnahmsweise stumpffühlenden Individuum angestellt sein könnten. Wohl lässt sich aber nicht leugnen, dass die absolute Grösse der gefundenen Differenz den zufälligen, individuellen Verhältnissen der untersuchten und verglichenen Personen zuzuschreiben sei.

Ich habe oben den Satz ausgesprochen, dass sich bei Kindern auf einem Hautstücke von gleicher Ausdehnung mehr Nervenenden und Empfindungskreise finden müssen, als bei Erwachsenen. Damit war jedoch nicht etwa gemeint, dass die Vergleichung jeder beliebigen Hautstücke, auch wenn sie ganz verschiedenen Regionen des Körpers angehören, einen grösseren Reichthum an Nervenenden und Empfindungskreisen für das Hautstück des Kindes ergeben müsste, als für das des Erwachsenen; denn die Volarfläche der letzten Fingerglieder jedes Erwachsenen z. B. hat auf einer Quadratlinie unbedingt mehr Nervenenden und Empfindungskreise, und somit auch einen feineren Raumsinn, als die Rückenhaut eines Kindes.

Man darf hierbei nämlich nicht vergessen, dass die Feinheit des Raumsinnes, wie E. H. WEBER zuerst nachgewiesen hat, in den verschiedenen Regionen der Haut eines und desselben Individuums sehr ungleich entwickelt und nach einem besonderen Gesetze vertheilt ist. Der absolute Feinheitsgrad des Raumsinnes einer bestimmten Hautregion bei verschiedenen Individuen scheint sogar weit mehr individuellen Schwankungen unterworfen zu sein, als der relative Feinheitsgrad des Raumsinnes zweier bestimmten Hautregionen (ALLEN THOMSON). Zur Vergleichung der Verhältnisse des Raumsinnes bei Kindern und Erwachsenen müssen wir demnach immer Hautstücke derselben Region des Körpers wählen.

Bei Kindern gelten gewiss ähnliche Gesetze für die Abstufungen des Raumsinnes in den verschiedenen Hautregionen, wie bei Erwachsenen. Ich sage absichtlich ähnliche und nicht gleiche Gesetze, weil kaum anzunehmen ist, dass die Haut der Kinder, während des Wachsthums, an allen Punkten zugleich und in gleichem Maasse an quadratischer Ausdehnung zunehmen sollte. Schon die verschiedenen Proportionsverhältnisse der Körpertheile bei Kindern und bei Erwachsenen weisen mit aller Bestimmtheit darauf hin, dass das Wachsthum der Haut nach der Fläche in verschiedenen Regionen des Körpers verschieden sein müsse. So z. B. wachsen Arme und Beine

mehr in der Länge als im Umfange, die Haut muss daher auch an diesen Gliedern eine grössere Ausdehnung in der Länge als in der Breite erreichen. Hiermit stimmt und hieraus erklärt sich zum Theil die Beobachtung WEBER's, dass der Raumsinn an Armen und Beinen der Quere nach bedeutend feiner ist, als der Länge nach[1]. Demnach werden wir für die Haut der Kinder nicht genau dieselbe Vertheilung der verschiedenen Feinheitsgrade des Raumsinnes erwarten dürfen, wie bei den Erwachsenen.

In diesen relativen Wachsthumsverhältnissen der Haut nach der Fläche glaube ich ein neues, wesentliches Moment aufgedeckt zu haben, welches neben gewissen, noch unbekannten Verhältnissen der Centralorgane und den ursprünglich angelegten, für verschiedene Hautregionen bestimmten verschiedenen Mengen von Nervenfibrillen und Empfindungskreisen, den betreffenden absoluten und relativen Feinheitsgrad des Raumsinnes einer Hautregion bedingen hilft. Von den subjectiven Momenten der Aufmerksamkeit und Uebung wollen wir hier vorläufig ganz absehen.

Die im Allgemeinen übereinstimmende Vertheilung der Feinheitsgrade des Raumsinnes in der Haut bei Kindern und Erwachsenen, welche meine weiter unten mitgetheilte vergleichende Tabelle ausweist, kommt auf Rechnung des gemeinsamen Organisationsplanes der Centralorgane und der peripherischen Nervenvertheilung, während die Verschiedenheiten der numerischen, speciellen Verhältnisse des Feinheitsgrades homologer Hautregionen bei Kindern und Erwachsenen auf die individuellen Abweichungen in der Anordnung und Menge der Nervenfibrillen und auf die Differenzen der specifischen Wachsthumsgrösse der Hautstücke zu schieben sein werden.

Ehe ich meine vergleichenden Tabellen mittheile, erlaube ich mir nur noch über deren Anfertigung und über die WEBER'schen Messungsmethoden Einiges zu bemerken.

Meinen Tabellen habe ich E. H. WEBER's bekannte Tabelle über die Feinheit des Raumsinnes zu Grunde gelegt. Ich füllte einfach die von WEBER aufgestellten Rubriken (vgl. Tabelle I, S. 313) mit den bei Kindern

[1] Diese Ansicht wird durch die Beobachtung gestützt, dass die Differenz der Abstände der Zirkelspitzen in der Quer- und Längsrichtung bei Erwachsenen grösser ist als bei Kindern. WEBER sagt: »Ein Abstand der berührenden Zirkelspitzen von 16''' bis 18''' war an der Mitte des Oberarms erforderlich, wenn dieselben in querer Richtung, ein Abstand von 30''' und bisweilen noch mehr war nöthig, wenn sie der Länge nach lagen«. Für die Mitte des Unterarms fand WEBER 14''' und 21'''. Ich bestimmte die Differenz der Abstände bei einem 12jährigen Knaben im ersten Falle auf 17'''—12''', im zweiten Falle aber auf 10'''—9'''.

gefundenen Werthen des kleinsten Abstandes der Zirkelspitzen aus, so zwar, dass meine Tabellen eine leichte und vollständige Vergleichung mit WEBER's Tabelle zulassen, wenngleich ich nach Wiener Linien gemessen habe, WEBER aber nach Pariser Linien. Denn da nach HANNOVER's »Tableau micrométrique« 1 P. L. = 1,027643 W. L. ist, kann die Verschiedenheit der Maasse ohne das geringste Bedenken vernachlässigt werden. Die zweite Tabelle enthält die Verhältnisszahlen, welche man bei einer Vergleichung der Feinheitsgrade des Raumsinnes je zweier verschiedener Hautstellen bekömmt. Es ist eine sogenannte »table à double entrée«. Die verschiedenen Hautstellen sind, wie in der ersten Tabelle ersichtlich ist, der Kürze wegen mit Buchstaben bezeichnet. Will man z. B. erfahren, wie viel Mal stumpfer der Raumsinn auf dem unteren Theile der Stirne entwickelt ist als auf der Nasenspitze, so hat man nur auf der ersten Tabelle die beiden Buchstaben zu suchen, welche die zu vergleichenden Hautstellen bezeichnen, und auf der zweiten Tabelle in der schrägen und wagerechten Buchstabenreihe wieder aufzufinden, um sogleich die gesuchte Verhältnisszahl zu erhalten.

Die Verhältnisszahlen sind so berechnet, dass sich die Buchstaben der schrägen Reihe — oder vielmehr die Feinheit des Raumsinnes der durch dieselben bezeichneten Hautstellen — zu jenen der wagerechten Reihe verhalten wie $1 : x$. Der Kürze halber ist die Zahl 1 überall weggelassen. In jedem Viereck der zweiten Tabelle finden sich 5 mit den Buchstaben W, H, E, B und F bezeichnete Verhältnisszahlen. Die mit W bezeichnete Zahl bezieht sich auf die erste Columne der ersten Tabelle, welche am Kopfe auch den Buchstaben W trägt und WEBER's Messungsresultate für einen Erwachsenen enthält.

Die mit H, E, B und F bezeichneten Zahlen gelten für die von mir untersuchten vier Knaben. Auf der ersten Tabelle finden sich auch vier mit diesen Buchstaben bezeichnete Columnen, welche die directen Messungsresultate, aus welchen jene Verhältnisszahlen berechnet wurden, enthalten.

Durch diese Anordnung glaube ich meinen Tabellen einen möglichst hohen Grad von Uebersichtlichkeit und Brauchbarkeit gegeben zu haben. Schliesslich halte ich es nicht für überflüssig, die untersuchten vier Knaben mit ihren Namen zu nennen und ihr Alter, ihre Grösse und den Namen und Charakter ihrer Väter anzugeben, weil das Alter und die Grösse der Individuen für die Untersuchung von Bedeutung ist und die übrigen Angaben zur Herstellung der Identität der Person unentbehrlich sind, wenn nach einer Reihe von Jahren dieselben Individuen einer wiederholten Untersuchung, welche von

grossem Interesse sein wird, sollten unterworfen werden. Folgende Zusammenstellung enthält die nöthigen Angaben und überdies das Buchstabenzeichen der Columne auf der Tabelle I und der Verhältnisszahl auf der Tabelle II, welche sich auf den betreffenden Knaben bezieht:

In der Tabelle bezeichnet mit	Name des Knaben.	Alter.	Grösse.	Name und Charakter des Vaters.
H.	Hubert	11 Jahr 9 Monat	50 Z. W.	Herr Raphael Wessely, Gutsbesiter in Böhmen.
F.	Friedrich	12 Jahre	51 Z. W.	Herr Karl B. Presl, † Prof. der Naturgeschichte an der Universität in Prag.
E.	Eugen	11 Jahre	51 Z. 6 L.	Herr Wilhelm Lippich, † Prof. der medicinischen Klinik an der Universität zu Wien.
B.	Bohuslav	12 Jahre	55 Z. W.	Herr Vinzenz Jirusch, Dr. Medic. und praktischer Arzt in Prag.

E. H. Weber's bekannte Methode, vermittelst eines Zirkels die Feinheit des Raumsinnes zu messen, welche ich ausschliesslich angewendet habe, ist viel bequemer und genauer, als desselben Physiologen zweite Methode[1]), welche darin besteht, »dass man einen Menschen den Ort anzeigen lässt, wo man seine Haut berührt oder soeben berührt hat«. Um Zufälligkeiten, welche das Resultat der Messung mitbedingen, möglichst zu eliminiren, ist man gezwungen, aus vielen Beobachtungen, die an demselben Individuum angestellt werden müssen, das Mittel zu ziehen. Einen dem Zufall unterworfenen, die Messung (mag dieselbe nach welcher Methode immer vorgenommen werden) wesentlich beeinflussenden Umstand, welcher namentlich dann seine schädliche Wirkung äussert, wenn die gefundenen Abstände der Zirkelspitzen zur Berechnung der Verhältnisszahl zweier bezüglich des Feinheitsgrades des Raumsinnes zu vergleichenden Hautstücke dienen sollen, will ich näher erörtern, da derselbe meines Wissens noch nirgends hervorgehoben worden ist.

[1] E. H. Weber: Ueber den Raumsinn. S. 89—90, in den Verhandlungen d. k. sächs. Gesellschaft d. Wissensch. in Leipzig. Math.-phys. Classe 1852.

Das zur Untersuchung dienende Individuum hat bekanntlich, wenn man mit dem Zirkel misst, anzugeben, ob es die beiden gleichzeitig, und mit gleicher Kraft auf die Haut drückenden Zirkelspitzen räumlich gesondert empfindet, oder ob die beiden Eindrücke zu Einem verschmelzen. Es giebt aber offenbar, wie bereits WEBER bemerkt hat, keine haarscharfe Grenze zwischen einer räumlich einheitlichen Empfindung und der Wahrnehmung einer räumlich gesonderten Doppelempfindung.

Das untersuchte Individuum, namentlich wenn es in derlei subjectiven Bestimmungen nicht sehr geübt ist, wird nun zwar bei einiger Aufmerksamkeit immer mehr oder weniger sicher angeben können, ob es eine einfache oder eine Doppelempfindung habe[1], allein es wird wohl kaum mit einiger Verlässlichkeit für zwei verschiedene Hautstellen jene Abstände der Zirkelspitzen zu bezeichnen im Stande sein, welche genau denselben Grad der Deutlichkeit der Doppelempfindung auf den zu vergleichenden Hautstellen bedingen. Für die richtige Vergleichung der Feinheitsgrade des Raumsinnes verschiedener Hautstellen ist aber das Vorhandensein dieser schwererfüllbaren Forderung eine unerlässlich nothwendige Bedingung. Die Benützung der Mittelwerthe aus zahlreichen Beobachtungen ist auch hier das einzige Auskunftsmittel.

Der eben erörterte und ein anderer ähnlicher Uebelstand macht sich bei der Anwendung des zweiten WEBER'schen Verfahrens, jedoch in noch weit höherem Grade geltend. Bei diesem Verfahren soll man mit einer kurzen Sonde den Punkt bezeichnen, welcher berührt wird oder soeben berührt wurde.

»Bestimmt man«, sagt WEBER, »mit einem Zirkel oder Maassstabe, wie weit der Beobachter von dem gesuchten Orte entfernt bleibt, wenn er demselben am nächsten zu sein glaubt, und nimmt aus vielen solchen Bestimmungen das Mittel, so wird man finden, dass er desto weiter von ihm entfernt bleibt, je unvollkommener der Raumsinn in dem Theile der Haut ist, an welchem der Versuch gemacht wird«. Bei dieser Bestimmung spielt der Zufall eine so bedeutende Rolle, dass der Werth des ganzen Verfahrens zur Ermittelung der Feinheitsgrade des Raumsinnes in Frage gestellt wird.

Wenn die Entfernung von dem zuerst berührten Punkte, in welcher die suchende Sonde aufgesetzt wird, eine gewisse Grösse überschreitet,

1 Vor Täuschung bewahrt man sich, indem man den Beobachter bestimmen lässt, nicht nur ob er mit einer oder mit zwei Zirkelspitzen berührt wurde, sondern auch welche Richtung die die Zirkelspitzen verbindende Gerade im Vergleiche zur Längsaxe der Glieder und des Körpers haben (WEBER).

so fühlt man zwar leicht, dass die Sonde von dem Orte der ersten Berührung noch ziemlich weit entfernt ist und dass man sich demselben in einer gewissen Richtung noch mehr nähern könne. Dass bei der Bestimmung ein gewisser Grenzwerth nicht überschritten werden kann, hängt von dem Feinheitsgrade des Raumsinnes des betreffenden Hautstückes ab, und in so weit, aber auch nur in so weit steht eine Messung nach dem in Rede stehenden Verfahren in directer Beziehung zur Feinheit des Raumsinnes. Innerhalb eines bestimmten, jenem Grenzwerthe entsprechenden Bezirkes um die zuerst berührte Hautstelle herum, dessen Ausdehnung von dem vorhandenen Feinheitsgrade des Raumsinnes abhängt, wird man aber an jedem Punkte stille halten und ihn als denjenigen bezeichnen können, wo man dem gesuchten Orte am nächsten zu sein glaubt. Daher ist es rein dem Zufalle überlassen, bei welchem der Punkte jenes Bezirkes der Beobachter sein Suchen einstellt.

Man sieht leicht, dass fast alle nach diesem Verfahren gewonnenen bestimmten Werthe mehr oder weniger falsch und zwar zu klein ausfallen werden, denn es ist sehr unwahrscheinlich anzunehmen, dass die suchende Sonde selbst unter 1000 Beobachtungen auch nur ein Mal gerade auf der Grenze jenes Bezirkes, um dessen Bestimmung es sich handelt, stehen geblieben sein wird. Hier hilft es auch nichts, das Mittel aus vielen Beobachtungen zu ziehen, da die Bestimmungen in überwiegender Zahl zu klein sind, das Mittel daher auch zu klein ausfallen muss. Bei dem Verfahren mit dem Zirkel ist die Bestimmung durch zwei Grenzwerthe, einen kleinsten und einen grössten beschränkt, während bei dem zweiten Verfahren nur der eine und zwar der grösste Grenzwerth nicht überschritten werden kann, indem es für dieses Verfahren gar keinen kleinsten Grenzwerth gibt. Der kleinste Grenzwerth ist hier = 0, wenn nämlich die suchende Sonde zufällig die zuerst berührte Hautstelle findet.

Dies rührt daher, dass der Doppeleindruck zweier einander zu sehr genäherten, gleichzeitig und gleichstark aufgedrückten Zirkelspitzen zu einer Empfindung zusammenfliesst, während der Eindruck, welchen die suchende Sonde macht, selbst dann noch eine gesonderte (wenn auch nicht räumlich bestimmte) Empfindung setzt, wenn die durch die Sonde berührte Hautstelle der anderen zuerst berührten Stelle so nahe liegt, dass bei gleichzeitiger Berührung dieser Hautstellen absolut keine Trennung der beiden Empfindungen mehr möglich wäre.

Aus dem Gesagten ergibt sich nun von selbst, dass das zweite Weber'sche Verfahren zur genaueren Bestimmung der Feinheit des

Raumsinnes in der Haut nicht nur im Vergleiche mit dem ersten Verfahren, sondern auch an und für sich gänzlich unbrauchbar sei.

Dagegen könnte dieses Verfahren, wenn man es etwas modificirte, zur Untersuchung einer Frage brauchbar werden, welche WEBER für den sogenannten »Drucksinn« beantwortet hat, nämlich: wie viel Zeit zwischen zwei auf einander folgenden Empfindungen verfliessen darf, um die letztere mit der ersteren noch mit einiger Sicherheit vergleichen zu können?

WEBER[1]) sagt: »Ich habe bei verschiedenen Menschen Reihen von Experimenten darüber gemacht, in welchem Grade die Vergleichung zweier Empfindungen unvollkommener werde, wenn 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 und mehr Secunden vergehen, ehe die zweite Empfindung auf die erste folgt, mit der sie verglichen werden soll«.

»Bei manchen Menschen wurde die Vergleichung schon nach 10 Secunden sehr unvollkommen. Bei grösseren Gewichtsunterschieden kann mehr Zeit vergehen, ehe man verhindert wird, das schwerere Gewicht von dem leichteren zu unterscheiden«.

Für den »Raumsinn« nun würde sich die Frage etwa so gestalten: wie viel Zeit darf zwischen zwei auf einander folgenden Berührungen verstreichen, wenn noch mit Sicherheit angegeben werden soll, ob zum zweiten Male derselbe oder ein anderer Hautpunkt berührt worden ist. Die Stärke des ersten Eindruckes und die Grösse der Entfernung des das zweite Mal berührten Hautpunktes von dem zuerst berührten werden wohl, wie beim Drucksinn die Grösse des Gewichtsunterschiedes, in geradem Verhältnisse zur Länge der Zeit stehen, welche verfliessen darf, ohne die Möglichkeit des Erkennens der Identität oder Nichtidentität der berührten Hautpunkte aufzuheben.

Ich lasse nun die Tabellen folgen:

[1] Handwörterb. d. Physiol. von R. WAGNER, Art. »Tastsinn u. Gemeingefühl« S. 545.

Tabelle I.

Buchstaben-zeichen	Theil der Haut	Abstand der Zirkelspitzen in				
		Par. Lin.	Wiener Linien			
		W.	H.	F.	E.	B.
A.	Zungenspitze[1]	½	½	½	½	½
B.	Volarseite des letzten Fingergliedes	1	¾	¾	¾	¾
C.	Rother Theil der Lippen	2	1	¾	1	1
D.	Volarseite d. zweiten Fingergliedes	2	1½	1¾	1½	1½
E.	Dorsalseite d. letzten Fingergliedes	3	2	2	2	2
F.	Nasenspitze	3	2	2	2	2
G.	Volarseite an d. *capit. oss. metacarpi*	3	2½	2	2	2
H.	Rücken der Zunge 1″ von der Spitze in der Mitte	4	3	3	—	—
I.	Ebenda am Rande	4	3	3	—	—
K.	Am nicht rothen Theil der Lippen	4	3	3	2	3
L.	Am Metacarpus des Daumens	4	3	3	3	3¼
M.	Plantarseite der grossen Zehe am letzten Gliede	5	3½	3	—	4
N.	Dorsalseite des zweiten Gliedes der Finger	5	4	4	4	4
O.	Backen	5	4½	4	4	4
P.	Aeussere Oberfläche d. Augenlides	5	4	4	4	4
Q.	Mitte des harten Gaumens	6	4	5	—	5
R.	Haut auf dem vorderen Theile des Jochbeines	7	5	5	6	5
S.	Plantarseite am Metatarsus der grossen Zehe	7	5	4	—	5
T.	Dorsalseite des ersten Gliedes der Finger	7	5	4	5	5
U.	Dorsalseite der *capit. oss. metacarpi*	8	6	6	6	6
V.	Innere Oberfläche der Lippen nahe am Zahnfleisch	9	5	6	6	6
W.	Haut am hinteren Theile des Jochbeins	10	8½	7	8	6
X.	Unterer Theil der Stirne	10	9	8	8	7
Y.	Hinterer Theil der Ferse	10	10	9	—	9
Z.	Behaarter unterer Theil des Occiput	12	8	10	8	9
A′.	Rücken der Hand	14	9	10	9	12
B′.	Hals unter der Kinnlade	15	9	10	8	10
C′.	Scheitel	15	12	10	10	12
D′.	Kniescheibe und Umgegend	16	13	14	—	16
E′.	Kreuz	18	14	15	—	11
F′.	Auf dem Glutaeus	18	14	15	—	17
G′.	Oberer und unterer Theil des Unterarmes	18	14	16	17	13
H′.	Oberer und unterer Theil des Unterschenkels	18	15	16	—	14
I′.	Fussrücken in der Nähe der Zehen	18	15	16	—	12
K′.	Auf dem Sternum	20	16	15	15	14
L′.	Haut am Rückgrate	21—30	17	16	16	14
M′.	An manchen Stellen in der Mitte des Oberarmes und Oberschenkels	16—30	11—19	14—18	22	13—19

[1] Der Abstand der Zirkelspitzen an der Zungenspitze ist bei den vier Knaben etwas zu gross angegeben, indem ich so kleine Differenzen, wie sie hier vorlagen, nicht mehr mit voller Genauigkeit gemessen habe. —

Mir liegen zwar noch mehr Beobachtungen, welche ich zum Theil der Güte des Herrn Dr. SULIK verdanke, vor, als ich in dieser Tabelle zusammengestellt habe, allein ich spreche die folgenden allgemeinen Sätze doch mit einer gewissen Zurückhaltung aus, da ich nicht verkenne, dass es mehr als blos wünschenswerth wäre, die Zahl der Beobachtungen noch beträchtlich zu vermehren, um das Gesetzmässige von dem Zufälligen, das Allgemeine von dem Individuellen zu trennen und rein darzustellen. Mögen meine Collegen dies Geständniss als eine directe Aufforderung zur Mitarbeiterschaft betrachten!

Die reinsten, maassgebendsten Resultate wird man jedoch, wie ich schon oben angedeutet habe, erst dann erhalten, wenn man Beobachtungsreihen wird vergleichen können, welche an einem und demselben Individuum im Kindes- und im Mannesalter gemacht worden sind. Mit den vier Knaben, welche in der obigen Tabelle angeführt sind, beabsichtige ich seiner Zeit das Material zu einer solchen Vergleichung zu liefern.

Aus meiner Zusammenstellung geht vorläufig folgendes hervor:

1. Der Raumsinn ist in der Haut der Knaben feiner als in der Haut des Erwachsenen, denn die Abstände der Zirkelspitzen sind mit zwei Ausnahmen sämmtlich kleiner für die ersteren, als für den letzteren.

In der Columne *H* finden wir nämlich an dem hinteren Theile der Ferse (*Y*) den Abstand der Zirkelspitzen = 10 Linien, ferner in der Columne *B* an der Kniescheibe und Umgegend (*D'*) den Abstand der Zirkelspitzen = 16 Linien, wie in der Columne *W*. Zur Erklärung dieser beiden Ausnahmen und anderer Unregelmässigkeiten könnte man anführen, dass der Raumsinn an den fraglichen Hautstellen schon urspünglich für eine geringere Entwickelung der Feinheit angelegt worden sei und dass überdies die Haut jener Regionen rascher als an anderen Orten sich ausgedehnt habe, so dass sie schon im Knaben nahezu jene quadratische Ausdehnung erreicht hätte, welche sie im Erwachsenen zu erreichen bestimmt war. Was den Fall in der Columne *B* betrifft, so ist übrigens zu bemerken, dass auf der Kniescheibe selbst der Abstand der Zirkelspitzen weniger als 16 Linien betrug und dass nur die Umgebung derselben diesen Abstand forderte.

2. Die Abstände der Zirkelspitzen nehmen im Allgemeinen in sämmtlichen 5 Columnen von oben nach unten an Grösse zu, für die Knaben jedoch weniger stetig und gleichmässig als für den Erwachsenen.

3. Die Differenzen zwischen den Abständen der Zirkelspitzen bei den Knaben und bei dem Erwach-

TABELLE II.

zu S. 315.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N	O	P
A	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	2·0 1·5 1·5 1·5 1·5	4·0 2·0 1·5 2·0 2·0	4·0 3·0 3·5 3·0 3·0	6·0 4·0 4·0 4·0 4·0	6·0 4·0 4·0 4·0 4·0	6·0 5·0 4·0 4·0 4·0	8·0 6·0 6·0 — —	8·0 6·0 6·0 — —	8·0 6·0 6·0 4·0 6·5	8·0 6·0 6·0 6·0 6·0	10·0 7·0 6·0 — 8·0	10·0 8·0 8·0 8·0 8·0	10·0 9·0 8·0 8·0 8·0	10·0 8·0 8·0 8·0 8·0
B	*B*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	2·0 1·3 1·0 1·3 1·3	2·0 2·0 2·3 2·0 2·0	3·0 2·7 2·7 2·7 2·7	3·0 2·7 2·7 2·7 2·7	3·0 3·3 2·7 2·7 2·7	4·0 4·0 4·0 — —	4·0 4·0 4·0 — —	4·0 4·0 4·0 2·7 4·3	4·0 4·0 4·0 4·0 4·0	5·0 4·7 4·0 — 5·3	5·0 5·3 5·3 5·3 5·3	5·0 6·0 5·3 5·3 5·3	5·0 5·3 5·3 5·3 5·3
C		*C*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	1·0 1·5 2·3 2·0 2·0	1·5 2·0 2·7 2·0 2·0	1·5 2·0 2·7 2·0 2·0	1·5 2·5 2·7 2·0 2·0	2·0 3·0 4·0 — —	2·0 3·0 4·0 — —	2·0 3·0 4·0 2·0 3·2	2·0 3·0 4·0 3·0 3·0	2·5 3·5 4·0 — 4·0	2·5 4·0 5·3 4·0 4·0	2·5 4·5 5·3 4·0 4·0	2·5 4·0 5·3 4·0 4·0
D			*D*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	1·5 1·3 1·1 1·3 1·3	1·5 1·3 1·1 1·3 1·3	1·5 1·7 1·1 1·3 1·3	2·0 2·0 1·7 — —	2·0 2·0 1·7 — —	2·0 2·0 1·7 1·3 2·2	2·0 2·0 1·7 2·0 2·0	2·5 2·3 1·7 — 2·7	2·5 2·7 2·3 2·7 2·7	2·5 3·0 2·3 2·7 2·7	2·5 2·7 2·3 2·7 2·7
E				*E*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	1·0 1·0 1·0 1·0 1·0	1·0 1·2 1·0 1·0 1·0	1·3 1·5 1·5 — —	1·3 1·5 1·5 — —	1·3 1·5 1·5 1·0 1·6	1·3 1·5 1·5 1·5 1·5	1·7 1·7 1·5 — 2·0	1·7 2·0 2·0 2·0 2·0	1·7 2·2 2·0 2·0 2·0	1·7 2·0 2·0 2·0 2·0
F					*F*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	1·0 1·2 1·0 1·0 1·0	1·3 1·5 1·5 — —	1·3 5·0 1·5 — —	1·3 1·5 1·5 1·0 1·6	1·3 1·5 1·5 1·5 1·5	1·7 1·7 1·5 — 2·0	1·7 2·0 2·0 2·0 2·0	1·7 2·2 2·0 2·0 2·0	1·7 2·0 2·0 2·0 2·0
G						*G*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	1·3 1·2 1·5 — —	1·3 1·2 1·5 — —	1·3 1·2 1·5 1·0 1·6	1·3 1·2 1·5 1·5 1·5	1·7 1·4 1·5 — 2·0	1·7 1·6 2·0 2·0 2·0	1·7 1·8 2·0 2·0 2·0	1·7 1·6 2·0 2·0 2·0
H							*H*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E — B —	1·0 1·0 1·0 — —	1·0 1·0 1·0 — —	1·0 1·0 1·0 — —	1·2 1·2 1·0 — —	1·2 1·3 1·3 — —	1·2 1·5 1·3 — —	1·2 1·3 1·3 — —
I								*I*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E — B —	1·0 1·0 1·0 — —	1·0 1·0 1·0 — —	1·2 1·2 1·0 — —	1·2 1·3 1·3 — —	1·2 1·5 1·3 — —	1·2 1·3 1·3 — —
K									*K*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	1·0 1·0 1·0 1·5 0·9	1·2 1·2 1·0 — 1·2	1·2 1·3 1·3 2·0 1·2	1·2 1·5 1·3 2·0 1·2	1·2 1·3 1·3 2·0 1·2
L										*L*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	1·2 1·2 1·0 — 1·3	1·2 1·3 1·3 1·3 1·3	1·2 1·5 1·3 1·3 1·3	1·2 1·3 1·3 1·3 1·3
M											*M*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 F — B 1·0	1·0 1·1 1·3 — 1·0	1·0 1·3 1·3 — 1·0	1·0 1·1 1·3 — 1·0
N												*N*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	1·0 1·1 1·0 1·0 1·0	1·0 1·0 1·0 1·0 1·0
O													*O*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	1·0 0·9 1·0 1·0 1·0
P														*P*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0
Q															*Q*

	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A′	B′	C′
A	12·0 8·0 10·0 — 10·0	14·0 10·0 10·0 12·0 10·0	14·0 10·0 8·0 — 10·0	14·0 10·0 8·0 10·0 10·0	16·0 12·0 12·0 12·0 12·0	18·0 10·0 12·0 12·0 12·0	20·0 17·0 14·0 16·0 12·0	20·0 18·0 16·0 16·0 14·0	20·0 20·0 18·0 — 18·0	24·0 16·0 20·0 16·0 18·0	28·0 18·0 20·0 18·0 24·0	30·0 18·0 20·0 16·0 20·0	30·0 24·0 20·0 20·0 24·0
B	6·0 5·3 6·7 — 6·7	7·0 6·7 6·7 8·0 6·7	7·0 6·7 5·3 — 6·7	7·0 6·7 5·3 6·7 6·7	8·0 8·0 8·0 8·0 8·0	9·0 6·7 8·0 8·0 8·0	10·0 11·3 9·3 10·7 8·0	10·0 12·0 10·7 10·7 9·3	10·0 13·3 12·0 — 12·0	12·0 10·7 13·3 10·7 12·0	14·0 12·0 13·3 12·0 16·0	15·0 12·0 13·3 10·7 13·3	15·0 16·0 13·3 13·3 16·0
C	3·0 4·0 6·7 — 6·7	3·5 5·0 6·7 6·0 5·0	3·5 5·0 5·3 — 5·0	3·5 5·0 5·3 5·0 5·0	4·0 6·0 8·0 6·0 6·0	4·5 5·0 8·0 6·0 6·0	5·0 8·5 9·3 8·0 6·0	5·0 9·0 10·7 8·0 7·0	5·0 10·0 12·0 — 9·0	6·0 8·0 13·3 8·0 9·0	7·0 9·0 13·3 9·0 12·0	7·5 9·0 13·3 8·0 10·0	7·5 12·0 13·3 10·0 12·0
D	3·0 2·7 2·9 — 3·3	3·5 3·3 2·9 4·0 3·3	3·5 3·3 2·3 — 3·3	3·5 3·3 2·3 3·3 3·3	4·0 4·0 3·4 4·0 4·0	4·5 3·3 3·4 4·0 4·0	5·0 5·7 4·0 5·3 4·0	5·0 6·0 4·6 5·3 4·7	5·0 6·7 5·1 — 6·0	6·0 5·3 5·7 5·3 6·0	7·0 6·0 5·7 6·0 8·0	7·5 6·0 5·7 5·3 6·7	7·5 8·0 5·7 5·7 8·0
E	2·0 2·0 2·5 — 2·5	2·3 2·5 2·5 3·0 2·5	2·3 2·5 2·0 — 2·5	2·3 2·5 2·0 2·5 2·5	2·7 3·0 3·0 3·0 3·0	3·0 2·5 3·0 3·0 3·0	3·3 4·2 3·5 4·0 3·0	3·3 4·5 4·0 4·0 3·5	3·3 5·0 4·5 — 4·5	4·0 4·0 5·0 4·0 4·5	4·7 4·5 5·0 4·5 6·0	5·0 4·5 5·0 4·0 1·5	5·0 6·0 5·0 5·0 6·0
F	2·0 2·0 2·5 — 2·5	2·3 2·5 2·5 3·0 2·5	2·3 2·5 2·0 — 2·5	2·3 2·5 2·0 2·5 2·5	2·7 3·0 3·0 3·0 3·0	3·0 2·5 3·0 3·0 3·0	3·3 4·2 3·5 4·0 3·0	3·3 4·5 4·0 4·0 3·5	3·3 5·0 4·5 — 4·5	4·0 4·0 5·0 4·0 4·5	4·7 4·5 5·0 4·5 6·0	5·0 4·5 5·0 4·0 5·0	5·0 6·0 5·0 5·0 6·0
G	2·0 1·6 2·5 — 2·5	2·3 2·0 2·5 3·0 2·5	2·3 2·0 2·0 — 2·5	2·3 2·0 2·0 2·5 2·5	2·7 2·4 3·0 3·0 3·0	3·0 2·0 3·0 3·0 3·0	3·3 3·4 3·5 4·0 3·0	3·3 3·6 4·0 4·0 3·5	3·3 4·0 4·5 — 4·5	4·0 4·2 5·0 4·0 4·5	4·7 3·6 5·0 4·5 6·0	5·0 3·6 5·0 4·0 5·0	5·0 4·8 5·0 5·0 6·0
H	1·5 1·3 1·7 — —	1·7 1·7 1·7 — —	1·7 1·7 1·3 — —	1·7 1·7 1·3 — —	2·0 2·0 2·0 — —	2·2 1·7 2·0 — —	2·5 2·8 2·3 — —	2·5 3·0 2·7 — —	2·5 3·3 3·0 — —	3·0 2·7 3·3 — —	3·5 3·0 3·3 — —	3·7 3·0 3·3 — —	3·7 4·0 3·3 — —
I	1·5 1·3 1·7 — —	1·7 1·7 1·7 — —	1·7 1·7 1·3 — —	1·7 1·7 1·3 — —	2·0 2·0 2·0 — —	2·2 1·7 2·0 — —	2·5 2·8 2·3 — —	2·5 3·0 2·7 — —	2·5 3·3 3·0 — —	3·0 2·7 3·3 — —	3·5 3·0 3·3 — —	3·7 3·0 3·3 — —	3·7 4·0 3·3 — —
K	1·5 1·3 1·7 — 1·5	1·7 1·7 1·7 3·0 1·5	1·7 1·7 1·3 — 1·5	1·7 1·7 1·3 2·5 1·5	2·0 2·0 2·0 3·0 1·8	2·2 1·7 2·0 3·0 1·8	2·5 2·8 2·3 4·0 1·8	2·5 3·0 2·7 4·0 2·2	2·5 3·3 3·0 — 2·8	3·0 2·7 3·3 4·0 2·8	3·5 3·0 3·3 4·5 3·7	3·7 3·0 3·3 4·0 3·1	3·7 4·0 3·3 5·0 3·7
L	1·5 1·3 1·7 — 1·7	1·7 1·7 1·7 2·0 1·7	1·7 1·7 1·3 — 1·7	1·7 1·7 1·3 1·7 1·7	2·0 2·0 2·0 2·0 2·0	2·2 1·7 2·0 2·0 2·0	2·5 2·8 2·3 2·7 2·0	2·5 3·0 2·7 2·7 2·3	2·5 3·3 3·0 — 3·0	3·0 2·7 3·3 2·7 3·0	3·5 3·0 3·3 3·0 4·0	3·7 3·0 3·3 2·7 3·3	3·7 4·0 3·3 3·3 4·0
M	1·2 1·1 1·7 — 1·0	1·4 1·4 1·7 — 1·2	1·4 1·4 1·1 — 1·2	1·4 1·4 1·1 — 1·2	1·6 1·7 2·0 — 1·5	1·8 1·4 2·0 — 1·5	2·0 2·4 2·3 — 1·5	2·0 2·6 2·7 — 1·7	2·0 2·9 3·0 — 2·2	2·4 2·3 3·3 — 2·2	2·8 2·6 3·3 — 3·0	3·0 2·6 3·3 — 2·5	3·0 3·4 3·3 — 3·0
N	1·2 1·0 1·2 — 1·2	1·4 1·2 1·2 1·5 1·2	1·4 1·2 1·0 — 1·2	1·4 1·2 1·0 1·2 1·2	1·6 1·5 1·5 1·5 1·5	1·8 1·2 1·5 1·5 1·5	2·0 2·1 1·7 2·0 1·5	2·0 2·2 2·0 2·0 1·7	2·0 2·5 2·2 — 2·2	2·4 2·0 2·5 2·0 2·2	2·8 2·2 2·5 2·2 3·0	3·0 2·2 2·5 2·0 2·5	3·0 3·0 2·5 2·5 3·0
O	1·2 0·9 1·2 — 1·2	1·4 1·1 1·2 1·5 1·2	1·4 1·1 1·0 — 1·2	1·4 1·1 1·0 1·2 1·2	1·6 1·3 1·5 1·5 1·5	1·8 1·1 1·5 1·5 1·5	2·0 1·9 1·7 2·0 1·5	2·0 2·0 2·0 2·0 1·7	2·0 2·2 2·2 — 2·2	2·4 1·8 2·5 2·0 2·2	2·8 2·0 2·5 2·2 3·0	3·0 2·0 2·5 2·0 2·5	3·0 2·7 2·5 2·5 3·0
P	1·2 1·0 1·2 — 1·2	1·4 1·2 1·2 1·5 1·2	1·4 1·2 1·0 — 1·2	1·4 1·2 1·0 1·2 1·2	1·6 1·5 1·5 1·5 1·5	1·8 1·2 1·5 1·5 1·5	2·0 2·1 1·7 2·0 1·5	2·0 2·2 2·0 2·0 1·7	2·0 2·5 2·2 — 2·2	2·4 2·0 2·5 2·0 2·2	2·8 2·2 2·5 2·2 3·0	3·0 2·2 2·5 2·0 2·5	3·0 3·0 2·5 2·5 3·0
Q	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E — B 1·0	1·2 1·2 1·0 — 1·0	1·2 1·2 0·8 — 1·0	1·2 1·2 0·8 — 1·0	1·3 1·5 1·2 — 1·2	1·5 1·2 1·2 — 1·2	1·7 2·1 1·4 — 1·2	1·7 2·2 1·6 — 1·4	1·7 2·5 1·8 — 1·8	2·0 2·0 2·0 — 1·8	2·3 2·2 2·0 — 2·4	2·5 2·0 2·0 — 2·0	2·5 3·0 2·0 — 2·4
R	*R*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	1·0 1·0 0·8 — 1·0	1·0 1·0 0·8 0·8 1·0	1·1 1·2 1·2 1·0 1·2	1·3 1·0 1·2 1·0 1·2	1·4 1·7 1·4 1·3 1·2	1·4 1·8 1·6 1·3 1·4	1·4 2·0 1·8 — 1·8	1·7 1·6 2·0 1·3 1·8	2·0 1·8 2·0 1·5 2·4	2·1 1·8 2·0 1·3 2·0	2·1 2·4 2·0 1·7 2·4
S		*S*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E — B 1·0	1·0 1·0 1·0 — 1·0	1·1 1·2 1·5 — 1·2	1·3 1·0 1·5 — 1·2	1·4 1·7 1·7 — 1·2	1·4 1·8 2·0 — 1·4	1·4 2·0 2·2 — 1·8	1·7 1·6 2·5 — 1·8	2·0 1·8 2·5 — 2·4	2·1 1·8 2·5 — 2·0	2·1 2·4 2·5 — 2·4
T			*T*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	1·1 1·2 1·5 1·2 1·2	1·3 1·0 1·5 1·2 1·2	1·4 1·7 1·7 1·6 1·2	1·4 1·8 2·0 1·6 1·2	1·4 2·0 2·2 — 1·8	1·7 1·6 2·5 1·6 1·8	2·0 1·8 2·5 1·8 2·4	2·1 1·8 2·5 1·6 2·0	2·1 2·4 2·5 2·0 2·4
U				*U*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	1·1 0·8 1·0 1·0 1·0	1·2 1·4 1·2 1·3 1·0	1·2 1·5 1·3 1·3 1·2	1·2 1·7 1·5 — 1·5	1·5 1·3 1·7 1·3 1·5	1·7 1·5 1·7 1·5 2·0	1·9 1·5 1·7 1·3 1·7	1·9 2·0 1·7 1·7 2·0
V					*V*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	1·1 1·7 1·2 1·3 1·0	1·1 1·8 1·3 1·3 1·2	1·1 2·0 1·5 — 1·5	1·3 1·6 1·7 1·3 1·5	1·6 1·8 1·7 1·5 2·0	1·7 1·8 1·7 1·3 1·7	1·7 2·4 1·7 1·7 2·0
W						*W*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	1·0 1·1 1·1 1·0 1·2	1·0 1·2 1·3 — 1·5	1·2 0·9 1·4 1·0 1·5	1·4 1·1 1·4 1·1 2·0	1·5 1·1 1·4 1·0 1·7	1·5 1·4 1·4 1·2 2·0
X							*X*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	1·0 1·1 1·1 — 1·3	1·2 0·9 1·2 1·0 1·3	1·4 1·0 1·2 1·1 1·7	1·5 1·0 1·2 1·0 1·4	1·5 1·3 1·2 1·2 1·7
Y								*Y*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E — B 1·0	1·2 0·8 1·1 — 1·0	1·4 0·9 1·1 — 1·3	1·5 0·9 1·1 — 1·1	1·5 1·2 1·1 — 1·3
Z									*Z*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	1·2 1·1 1·0 1·1 1·3	1·2 1·1 1·0 1·0 1·1	1·2 1·5 1·0 1·2 1·3
A′										*A′*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	1·1 1·0 1·0 0·9 0·8	1·1 1·3 1·0 1·1 1·0
B′											*B′*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	1·0 1·3 1·0 1·2 1·2
C′												*C′*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0
D′													*D′*

	D′	E′	F′	G′	H′	I′	K′	L′	M′
A	32·0 26·0 28·0 — 32·0	36·0 28·0 30·0 — 22·0	36·0 28·0 30·0 — 34·0	36·0 28·0 32·0 34·0 26·0	36·0 30·0 32·0 — 28·0	36·0 32·0 28·0 — 24·0	40·0 32·0 30·0 30·0 28·0	42·0-60·0 34·0 32·0 32·0 28·0	32·0-60.0 22-38 28 36 44 26-38
B	16·0 17·3 18·7 — 21·3	18·0 18·7 20·0 — 14·7	18·0 18·7 20·0 — 22·7	18·0 18·7 21·3 22·7 17·3	18·0 20·0 21·3 — 18·7	18·0 21·3 18·7 — 16·0	20·0 21·3 20·0 20·0 18·7	21-30 22·7 21·3 21·3 18·7	16-30 14·7-25·3 18·7-24·0 29·3 17·3-25·3
C	8·0 13·0 18·7 — 16·0	9·0 14·0 20·0 — 11·0	9·0 14·0 20·0 — 17·0	9·0 14·0 21·3 17·0 13·0	9·0 15·0 21·3 — 14·0	9·0 16·0 18·7 — 12·0	10·0 16·0 20·0 15·0 14·0	10·5-15·0 17·0 21·3 16·0 14·0	8·0-15·0 11·0-19·0 18·7-24·0 22·0 13·0-19·0
D	8·0 8·7 8·0 — 10·7	9·0 9·3 8·6 — 7·3	9·0 9·3 8·6 — 11·3	9·0 9·3 9·1 11·3 8·7	9·0 10·0 9·1 — 9·3	9·0 10·7 8·0 — 8·0	10·0 10·7 8·6 10·0 9·3	10·5-15·0 11·3 9·1 10·7 9·3	8·0-15·0 7·3-12·7 8·0-10·3 14·7 8·7-12·7
E	5·3 6·5 7·0 — 8·0	6·0 7·0 7·5 — 5·5	6·0 7·0 7·5 — 8·5	6·0 7·0 8·0 8·5 6·5	6·0 7·5 8·0 — 7·0	6·0 8·0 7·0 — 6·0	6·7 8·0 7·5 7·5 7·0	7·0-10·0 8·5 8·0 8·0 7·0	5·3-10·0 5·5-9·5 7·0-9·0 11·0 6·5-9·5
F	5·3 6·5 7·0 — 8·0	6·0 7·0 7·5 — 5·5	6·0 7·0 7·5 — 8·5	6·0 7·0 8·0 8·5 6·5	6·0 7·5 8·0 — 7·0	6·0 8·0 7·0 — 6·0	6·7 8·0 7·5 7·5 7·0	7·0-10·0 8·5 8·0 8·0 7·0	5·3-10·0 5·5-9·5 7·0-9·0 11·0 6·5-9·5
G	5·3 5·2 7·0 — 8·0	6·0 5·6 7·5 — 5·5	6·0 5·6 7·5 — 8·5	6·0 5·6 8·0 8·5 6·5	6·0 6·0 8·0 — 7·0	6·0 6·4 7·0 — 6·0	6·7 6·4 7·5 7·5 7·0	7·0-10·0 6·8 8·0 8·0 7·0	5·3-10·0 4·4-7·6 7·0-9·0 11·0 6·5-9·5
H	4·0 4·3 4·7 — —	4·5 4·7 5·0 — —	4·5 4·7 5·0 — —	4·5 4·7 5·3 — —	4·5 5·0 5·3 — —	4·5 5·3 4·7 — —	5·0 5·3 5·0 — —	5·2-7·5 5·7 5·3 — —	4·0-7·5 3·7-6·3 4·7-6·0 — —
I	4·0 4·3 4·7 — —	4·5 4·7 5·0 — —	4·5 4·7 5·0 — —	4·5 4·7 5·3 — —	4·5 5·0 5·3 — —	4·5 5·3 4·7 — —	5·0 5·3 5·0 — —	5·2-7·5 5·7 5·3 — —	4·0-7·5 3·7-6·3 4·7-6·0 — —
K	4·0 4·3 4·7 — 4·9	4·5 4·7 5·0 — 3·4	4·5 4·7 5·0 — 5·2	4·5 4·7 5·3 8·5 4·0	4·5 5·0 5·3 — 4·3	4·5 5·3 4·7 — 3·7	5·0 5·3 5·0 7·5 4·3	5·2-7·5 5·7 5·3 8·0 4·3	4·0-7·5 3·7-6·3 4·7-6·0 11·0 4·0-5·8
L	4·0 4·3 4·7 — 5·3	4·5 4·7 5·0 — 3·7	4·5 4·7 5·0 — 5·7	4·5 4·7 5·3 5·7 4·3	4·5 5·0 5·3 — 4·7	4·5 5·3 4·7 — 4·0	5·0 5·3 5·0 5·0 4·7	5·2-7·5 5·7 5·3 5·3 4·7	4·0-7·5 3·7-6·3 4·7-6·0 7·3 4·3-6·3
M	3·2 3·7 4·7 — 4·0	3·6 4·0 5·0 — 2·7	3·6 4·0 5·0 — 4·2	3·6 4·0 5·3 — 3·2	3·6 4·3 5·3 — 3·5	3·6 4·6 4·7 — 3·0	4·0 4·6 5·0 — 3·5	4·2-6·0 4·9 5·3 — 3·5	3·2-6·0 3·1-5·6 4·7-6·0 — 3·2-4·7
N	3·2 3·2 3·5 — 4·0	3·6 3·5 3·7 — 2·7	3·6 3·5 3·7 — 4·2	3·6 3·5 4·0 4·2 3·2	3·6 3·7 4·0 — 3·5	3·6 4·0 3·5 — 3·0	4·0 4·0 3·7 3·7 3·5	4·2-6·0 4·2 4·0 4·0 3·5	3·2-6·0 2·7-4·7 3·5-4·5 5·5 3·2-4·7
O	3·2 2·9 3·5 — 4·0	3·6 3·1 3·7 — 2·7	3·6 3·1 3·7 — 4·2	3·6 3·1 4·0 4·2 3·2	3·6 3·3 4·0 — 3·5	3·6 3·6 3·5 — 3·0	4·0 3·6 3·7 3·7 3·5	4·2-6·0 3·8 4·0 4·0 3·5	3·2-6·0 2·4-4·2 3·5-4·5 5·5 3·2-4·7
P	3·2 3·2 3·5 — 4·0	3·6 3·5 3·7 — 2·7	3·6 3·5 3·7 — 4·2	3·6 3·5 4·0 4·2 3·2	3·6 3·7 4·0 — 3·5	3·6 4·0 3·5 — 3·0	4·0 4·0 3·7 3·7 3·5	4·2-6·0 4·2 4·0 4·0 3·5	3·2-6·0 2·7-4·7 3·5-4·5 5·5 3·2-4·7
Q	2·7 3·2 2·8 — 3·2	3·0 3·5 3·0 — 2·2	3·0 3·5 3·0 — 3·4	3·0 3·5 3·2 — 2·6	3·0 3·7 3·2 — 2·8	3·0 4·0 2·8 — 2·4	3·3 4·0 3·0 — 2·8	3·5-5·0 4·2 3·2 — 2·8	2·7-5·0 2·7-4·7 2·8-3·6 — 2·6·3·8
R	2·3 2·6 2·8 — 3·2	2·6 2·8 3·0 — 2·2	2·6 2·8 3·0 — 3·4	2·6 2·8 3·2 2·8 2·6	2·6 3·0 3·2 — 2·8	2·6 3·2 2·8 — 2·4	2·9 3·2 3·0 2·5 2·8	3·0-4·3 3·4 3·2 2·7 2·8	2·3-4·3 2·2-3·8 2·8-3·6 3·7 2·6-3·8
S	2·3 2·6 3·5 — 3·2	2·6 2·8 3·7 — 2·2	2·6 2·8 3·7 — 3·4	2·6 2·8 4·0 — 2·6	2·6 3·0 4·0 — 2·8	2·6 3·2 3·5 — 2·4	2·9 3·2 3·7 — 2·8	3·0-4·3 3·4 4·0 — 2·8	2·3-4·3 2·2-3·8 3·8-4·5 — 2·6-3·8
T	2·3 2·6 3·5 — 3·2	2·6 2·8 3·7 — 2·2	2·6 2·8 3·7 — 3·4	2·6 2·8 4·0 3·4 2·6	2·6 3·0 4·0 — 2·8	2·6 3·2 3·5 — 2·4	2·9 3·2 3·7 3·0 2·8	3·0-4·3 3·4 4·0 3·2 2·8	2·3-4·3 2·2-3·8 3·5·4·5 4·4 2·6-3·8
U	2·0 2·2 2·3 — 2·7	2·2 2·3 2·5 — 1·8	2·2 2·3 2·5 — 2·8	2·2 2·3 2·7 2·8 2·2	2·2 2·5 3·2 — 2·3	2·2 2·7 2·3 — 2·0	2·5 2·7 2·5 2·5 2·3	2·6-3·7 2·8 2·7 2·7 2·3	2·0-3·7 1·8-3·2 2·3-3·0 3·7 2·2-3·2
V	1·8 2·6 2·3 — 2·7	2·0 2·8 2·5 — 1·8	2·6 2·8 2·5 — 2·8	2·0 2·8 2·7 2·8 2·2	2·0 3·0 3·2 — 2·3	2·0 3·2 2·3 — 2·0	2·2 3·2 2·5 2·5 2·3	2·3-3·3 3·4 2·7 2·7 2·3	1·8-3·1 2·2-3·8 2·3-3·0 3·7 2·2-3·2
W	1·6 1·5 2·0 — 2·7	1·8 1·6 2·1 — 1·8	1·8 1·6 2·1 — 2·8	1·8 1·6 2·3 2·1 2·2	1·8 1·8 2·3 — 2·3	1·8 1·9 2·0 — 2·0	2·0 1·9 2·1 1·9 2·3	2·1-3·0 2·0 2·3 2·0 2·3	1·6-3·0 1·3-2·2 2·0-2·6 2·7 2·2-3·2
X	1·6 1·4 1·7 — 2·3	1·8 1·6 1·9 — 1·6	1·8 1·6 1·9 — 2·4	1·8 1·6 2·0 2·1 1·9	1·8 1·7 2·0 — 2·0	1·8 1·8 1·7 — 1·7	2·0 1·8 1·9 1·9 2·0	2·1-3·0 1·9 2·0 2·0 2·0	1·6-3·0 1·2-2·1 1·7-2·2 2·7 1·9-2·7
Y	1·6 1·3 1·6 — 1·8	1·8 1·4 1·7 — 1·2	1·8 1·4 1·7 — 1·9	1·8 1·4 1·8 — 1·4	1·8 1·5 1·8 — 1·6	1·8 1·6 1·6 — 1·3	2·0 1·6 1·7 — 1·6	2·1-3·0 1·7 1·8 — 1·6	1·6-3·0 1·1-1·9 1·6-2·0 — 1·4-2·1
Z	1·3 1·6 1·4 — 1·8	1·5 1·7 1·5 — 1·2	1·5 1·7 1·5 — 1·9	1·5 1·7 1·6 2·1 1·4	1·5 1·9 1·6 — 1·6	1·5 2·0 1·4 — 1·3	1·7 2·0 1·5 1·9 1·6	1·7-2·5 2·1 1·6 2·0 1·6	1·3-2·5 1·4-2·4 1·4-1·8 2·7 1·4-2·1
A′	1·1 1·4 1·4 — 1·3	1·3 1·6 1·5 — 0·9	1·3 1·6 1·5 — 1·4	1·3 1·6 1·6 1·9 1·1	1·3 1·7 1·6 — 1·2	1·3 1·8 1·4 — 1·0	1·4 1·8 1·5 1·7 1·2	1·5-2·1 1·9 1·6 1·8 1·2	1·1-2·1 1·2-2·1 1·4-1·8 2·4 1·1-1·6
B′	1·1 1·4 1·4 — 1·6	1·2 1·6 1·5 — 1·1	1·2 1·6 1·5 — 1·7	1·2 1·6 1·6 2·1 1·3	1·2 1·7 1·6 — 1·4	1·2 1·8 1·4 — 1·2	1·3 1·8 1·5 1·9 1·4	1·4-2·0 1·9 1·6 2·0 1·4	1·1-2·0 1·2-2·1 1·4-1·8 2·7 1·3-1·9
C′	1·1 1·1 1·4 — 1·3	1·2 1·2 1·5 — 0·9	1·2 1·2 1·5 — 1·4	1·2 1·2 1·6 1·7 1·1	1·2 1·2 1·6 — 1·2	1·2 1·3 1·4 — 1·0	1·3 1·3 1·5 1·5 1·2	1·4-2·0 1·4 1·6 1·6 1·2	1·1-2·0 0·9-1·6 1·4-1·8 2·2 1·1-1·6
D′	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E — B 1·0	1·1 1·1 1·1 — 0·7	1·1 1·1 1·1 — 1·1	1·1 1·1 1·1 — 0·8	1·1 1·2 1·1 — 0·9	1·1 1·2 1·0 — 0·7	1·2 1·2 1·1 — 0·9	1·3-2·0 1·3 1·1 — 0·9	1·0-1·9 0·8-1·5 1·0-1·3 — 0·8-1·2
E′	*E′*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E — B 1·0	1·0 1·0 1·0 — 1·5	1·0 1·0 1·1 — 1·2	1·0 1·1 1·1 — 1·3	1·0 1·1 0·9 — 1·1	1·1 1·1 1·0 — 1·3	1·2-1·7 1·2 1·1 — 1·3	0·8-1·7 0·8-1·4 0·9-1·2 — 1·2-1·7
F′		*F′*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E — B 1·0	1·0 1·0 1·1 — 0·8	1·0 1·1 1·1 — 0·8	1·0 1·1 0·9 — 0·7	1·1 1·1 1·0 — 0·8	1·2-1·7 1·2 1·1 — 0·8	0·8-1·7 0·8-1·4 0·9-1·2 — 0·7-1·1
G′			*G′*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	1·0 1·1 1·0 — 1·1	1·0 1·1 0·9 — 0·9	1·1 1·1 0·9 0·9 1·1	1·2-1·7 1·2 1·0 0·9 1·1	0·8-1·7 0·8-1·4 0·9-1·1 1·3 1·0-1·5
H′				*H′*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E — B 1·0	1·0 1·1 0·9 — 0·9	1·1 1·1 0·9 — 1·0	1·2-1·7 1·1 1·0 — 1·0	0·8-1·7 0·7-1·3 0·9-1·1 — 0·9-1·4
I′					*I′*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E — B 1·0	1·1 1·0 1·1 — 1·2	1·2-1·7 1·1 1·0 — 1·2	0·8-1·7 0·7-1·2 1·0-1·3 — 1·1-1·6
K′						*K′*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	1·0-1·5 1·1 1·1 1·1 1·0	0·8-1·5 0·7-1·2 0·9-1·2 1·5 0·9-1·4
L′							*L′*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0	0·8-1·4 0·5-1·0 0·6-1·1 0·9-1·1 1·4 0·9-1·4
M′								*M′*	W 1·0 H 1·0 F 1·0 E 1·0 B 1·0

senen, welche man auf gleichen Hautstellen findet, fallen im Allgemeinen um so grösser aus, je weniger feinfühlend die zur Bestimmung der Differenz gewählte Hautregion ist.

So z. B. betragen die Differenzen der Abstände auf dem Sternum (*K'*) *H* 4‴, *F* 5‴, *E* 5‴, *B* 6‴, während dieselben auf der Volarseite des letzten Fingergliedes (*B*) nur *H* 1/4‴, *F* 1/4‴, *E* 1/4‴, *B* 1/4‴ betragen.

Die weniger feinfühlenden Hautregionen scheinen zugleich jenen Theilen des Körpers zu entsprechen, welche im Verhältnisse am meisten während des Wachsthums an Grösse zunehmen, deren Haut also auch am meisten an quadratischer Ausdehnung zunehmen muss, wie z. B. an Armen, Beinen, Brust und Rückgrat.

4. Die Abstände der Zirkelspitzen sind für die einzelnen Knaben nicht unbeträchtlichen individuellen Schwankungen — (namentlich in den stumpffühlenden Hautregionen) — unterworfen.

(Siehe nebenstehende Tabelle II.)

Diese Tabelle lehrt:

1. Dass die relativen Feinheitsgrade des Raumsinnes in den verschiedenen Hautregionen für die Knaben sowohl als für den Erwachsenen im Allgemeinen übereinstimmen, indem sämmtliche Verhältnisszahlen von links nach rechts und von unten nach oben an Grösse zunehmen;

2. dass es an individuellen Schwankungen nicht fehlt; und

3. dass die Verhältnisszahlen in manchen Columnen für die Knaben, in manchen anderen hingegen für den Erwachsenen entschieden grösser ausfallen, dass somit die relativen Feinheitsgrade des Raumsinnes, wie wir oben bereits a priori vermutheten, bei Kindern im Speciellen doch etwas anders auf der Haut vertheilt sind, als bei Erwachsenen.

Nachdem wir unsere im Eingange des § dargelegten Folgerungen durch die mitgetheilten Beobachtungen bestätigt fanden, werden wir uns die Frage aufwerfen müssen, in welcher Ausdehnung das Princip der relativen Flächenausdehnung und Wachsthumsgrösse der Haut angewendet werden dürfe, ob es zulässig sei, ohne Vorbehalt die Folgerung zu ziehen:

Dass ein Individuum einen um so feineren Raumsinn besitzen müsse, je geringer die quadratische Ausdehnung seiner Haut ist.

a) Wenn das Individuum ein Kind ist, so wird uns eine kurze Erwägung erkennen lassen, dass wir offenbar zu weit gingen, wenn wir in Uebereinstimmung mit unserem Princip, dem Säugling oder gar dem Fötus den feinsten Raumsinn zuschreiben wollten. Wir würden dabei übersehen, dass der bewusste Gebrauch der Sinne ein bereits höher entwickeltes Ich, welches sein inneres Schauen in einem Sinne auf einen Punkt zu concentriren versteht, voraussetzt, dass ferner die Sinne, je mehr sie geübt, je besser sie erzogen wurden, auch desto feiner und brauchbarer sind.

Die subjectiven Momente der »Aufmerksamkeit« und »Uebung«, deren Bedeutung für die Feinheit des Raumsinnes unsere weiter unten mitgetheilten Untersuchungen an Blinden aufdecken werden, konnten wir früher wohl unberücksichtigt lassen — (da die vier Knaben, um die es sich handelte, sinnlich so weit entwickelt waren, als dies durch die natürliche Erziehung der Sinne überhaupt möglich ist) — können es aber nicht unter allen Umständen. Der oben aufgestellte Satz gilt daher nur in so weit, als wir, abgesehen von den schon Eingangs erörterten Beschränkungen, die beiden subjectiven Momente für zwei bezüglich der Feinheit des Raumsinnes zu vergleichenden Individuen, von denen das eine noch nicht, das andere bereits erwachsen ist, gleich setzen können.

Aus diesem Grunde dürften Beobachtungen an ganz kleinen Kindern, welche erst so weit entwickelt sind, dass sie die an sie gestellten Fragen eben aufzufassen und zu beantworten im Stande sind, leicht andere, als die von uns für entwickeltere Kinder erwarteten und gewonnenen Resultate liefern. Es möchte uns hierbei gar nicht befremden, wenn, namentlich an den feiner fühlenden Hautstellen, die Abstände der Zirkelspitzen ebenso gross, ja selbst noch grösser, als bei Erwachsenen, ausfallen würden.

Uebrigens ist hier noch eines Momentes und zwar eines objectiven zu erwähnen, welches die Feinheit des Raumsinnes der Haut wohl auch mit bedingt und namentlich hier, wo es sich um Kinder und Erwachsene handelt, in Betracht kommen dürfte, — nämlich: die Dicke und Beschaffenheit der die Nervenausbreitung deckenden, unempfindlichen Schichten, welche den objectiven Reiz bis zu jenen sensitiven Theilen zu leiten haben. Je dünner und zarter diese Schichten sind, desto schärfer begrenzt und vollständiger werden wohl die Tasteindrücke den empfindenden Theilen übermittelt werden und umgekehrt. Die

Feinheit in der Auffassung räumlicher Verhältnisse vermittelst des Tastsinnes muss offenbar durch ein schärferes Tastbild ebenso erhöht werden, als dies bei den Wahrnehmungen vermittelst des Gesichtssinnes, durch ein optisch vollkommeneres Retinabild der Fall ist. Dafür spricht die Unvollkommenheit unserer Tastwahrnehmungen, wenn unsere Hand mit einem Handschuhe bedeckt ist. In dieser Beziehung scheinen die Kinder den Erwachsenen gegenüber im Vortheil zu sein.

b) Eben so wenig gilt der obige Satz unter allen Umständen für Erwachsene. Denn es zeigt sich bei näherer Betrachtung sogleich, dass wir einem Riesen, blos wegen der beträchtlicheren quadratischen Ausdehnung der Haut, welche seine gigantischen Glieder deckt, nicht so ohne weiteres Bedenken einen weniger feinen Raumsinn zuschreiben dürfen, als einem zwergartig gebauten Menschlein, dessen Haut nicht ausreichte Brust und Rücken des Riesen einzuhüllen. Wir würden hierbei den wesentlichen Einfluss des Organisationsplanes der Centralorgane des Tastsinnes und der peripherischen Verbreitung der Tastnerven auf die Feinheit des Raumsinnes der Haut übersehen.

Unsere Folgerung ist nur dann statthaft, wenn diese und alle übrigen Bedingungen, von denen die Feinheit des Raumsinnes abhängt, für beide Individuen dieselben oder nahezu dieselben wären. Unter übrigens gleichen Umständen steht allerdings die Grösse der quadratischen Ausdehnung der Haut in irgend einem entgegengesetzten Verhältnisse mit der Feinheit des Raumsinnes. Denkt man sich einen Menschen von gewöhnlicher Grösse, ohne sonst das Geringste an seiner Organisation zu ändern, bedeutend vergrössert, so würden die Dimensionen der Empfindungskreise der Haut nach allen Richtungen zunehmen, und da sich die Zahl derselben nicht vermehrt haben würde, so müsste der Raumsinn des zum Riesen vergrösserten Individuums offenbar bedeutend stumpfer geworden sein. Man sieht aber leicht, dass, wenn mit der Vergrösserung jenes Individuums eine gewisse Veränderung der Centralorgane und eine entsprechende Vermehrung der Nervenfasern und Empfindungskreise gleichen Schritt halten würde, der Raumsinn der Haut nicht nur nichts an seiner Feinheit einzubüssen brauchte, sondern sogar an Feinheit zunehmen könnte.

Es wäre nicht uninteressant, directe Messungen über die Feinheit des Raumsinnes der Haut an besonders grossen und an auffallend kleinen erwachsenen Menschen anzustellen und zu vergleichen. Denn wenn wir voraussetzen, dass es eine bestimmte, in der menschlichen Organisation begründete allgemein giltige Grenze der Feinheit und der

Stumpfheit des Raumsinnes der Haut gibt, so liesse sich aus den Resultaten dieser Messungen entscheiden, ob die im Fötus ursprünglich angelegten qualitativen und quantitativen Verhältnisse des centralen und peripherischen Tastnervensystems mit der späteren Körpergrösse (Hautausdehnung) des erwachsenen Individuums in Beziehung stehen oder nicht. Fände sich in der That eine solche Beziehung zwischen den Verhältnissen des Tastnervensystems und der späteren Körpergrösse des Erwachsenen, so müssten sich Individuen, deren Körper riesige Dimensionen, und deren Raumsinn die gewöhnlichen Feinheitsgrade zu erreichen bestimmt wäre, nach den in diesem Paragraphe mitgetheilten Schlüssen und Beobachtungen im Kindesalter durch einen auffallend feinen Raumsinn der Haut auszeichnen und charakterisiren.

Unter diesen Voraussetzungen wäre uns dann also in dem Feinheitsgrade des Raumsinnes kindlicher Individuen eine Prämisse zu einem Wahrscheinlichkeitsschlusse auf ihre künftige Körpergrösse als Erwachsene gegeben.

§ 2. Beobachtungen über die Feinheit des Raumsinnes der Haut bei Blinden.

Die quantitativen und qualitativen Verhältnisse des Tastnervensystems und des Hautorgans sind die objectiven, die Concentrirung der Aufmerksamkeit und die Uebung sind hingegen die subjectiven Momente, welche die Feinheit des Raumsinnes der Haut wesentlich bedingen. Der höchste Feinheitsgrad des Raumsinnes kann nur durch eine möglichst günstige Anlage der objectiven und zugleich durch eine möglichst sorgfältige Ausbildung der subjectiven Momente erreicht werden. Der Mangel der subjectiven Ausbildung kann theilweise und innerhalb gewisser Grenzen durch die natürliche Anlage, und der Mangel der natürlichen Anlage durch die subjective Ausbildung ersetzt werden.

Die tägliche Erfahrung an Blinden lehrt, dass sie alle Verhältnisse der Aussenwelt, in so weit diese mit dem Tastsinne wahrgenommen werden können, ungleich schärfer unterscheiden als Sehende. Diese thatsächliche Schärfung ihres Tastsinnes kann offenbar nicht in einer günstigeren ursprünglichen Anlage des Organs, sondern muss in der Ausbildung der subjectiven Momente gesucht werden, in Folge deren sich dann allerdings auch die objectiven Verhältnisse des Organs verändern und verbessern könnten. Blinde vermögen eben mehr als Sehende auf die Wahrnehmungen des

Tastorgans ihre Aufmerksamkeit zu concentriren, da dieselbe durch das Gesicht nicht abgelenkt und zerstreut wird, und sind gezwungen ihr Unterscheidungsvermögen in dieser Richtung dermassen zu üben, dass ihnen schliesslich die leisesten Verschiedenheiten der Tastempfindungen, welche den weniger Aufmerksamen und weniger geübten Sehenden gar nicht zum Bewusstsein kommen, nicht entgehen können. Da es meines Wissens bisher noch Niemand unternommen hat, durch genauere Messungen an Blinden eine exactere Vorstellung über die Zunahme der Schärfe des Tastsinnes zu gewinnen, so habe ich, zum Wenigsten über den Raumsinn der Haut, bei Blinden Beobachtungen nach WEBER's Methode angestellt. Ich habe erwachsene Blinde und blinde Kinder untersucht, um zugleich die Erfahrungen des vorigen Paragraphen in dieser Richtung zu erweitern.

Die Gelegenheit zu meinen Messungen wurde mir mit grosser Bereitwilligkeit von dem Herrn BEZECNY, Oberlehrer an der Privat-Erziehungs- und Heilanstalt für Blinde und von dem Herrn k. k. jub. Kreisrath KLAR, Director und Mitbegründer der Versorgungs- und Beschäftigungsanstalt für erwachsene Blinde geboten. Ich sage hiermit öffentlich beiden Männern für die mir gewährte freundliche Unterstützung meinen innigsten Dank.

Die nachstehende Tabelle III enthält die Zusammenstellung der Resultate meiner Messungen und ist wohl ohne Weiteres verständlich, indem sie genau ebenso verfasst ist wie Tab. I im vorigen Paragraph.

Die Werthe der Columne N. beziehen sich auf den Knaben NEJEDLY welcher 13 Jahre und einige Monate alt und 50 Zoll 6 Lin. gross ist, im Alter von drei Wochen erblindete und seit vier Jahren in der Anstalt sich befindet.

Die Werthe der Columne Br. beziehen sich auf den Knaben BROECKL, welcher ungefähr in gleichem Alter mit NEJEDLY steht, aber um 1 Zoll 6 Linien kleiner ist als dieser, mit vier Jahren erblindete und sich bereits sechs Jahre in der Anstalt aufhält.

Die letzte mit P. bezeichnete Zahlenreihe enthält die Messungsresultate an dem erwachsenen Blinden AUGUST PUHL, welcher in einem Alter von sechs Monaten erblindete, gegenwärtig 24 Jahre zählt und 58 Zoll hoch ist.

Noch will ich erwähnen, dass ich zur Untersuchung der am feinsten fühlenden Hautstellen durchgehends einen Zirkel mit ungedeckten Spitzen angewendet habe.

Tabelle III.

Buchstabenzeichen	Theil der Haut	Abstand der Zirkelspitzen in Wiener Linien. N.	Br.	P.
A.	Zungenspitze	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$
B.	Volarseite des letzten Fingergliedes	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$
C.	Rother Theil der Lippen	1	1	1
D.	Volarseite des zweiten Fingergliedes	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$
E.	Dorsalseite des letzten Fingergliedes	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$
F.	Nasenspitze	2	$1\frac{1}{2}$	2
G.	Volarseite der *capitula ossium metacarpi*	2	2	3
H.	Rücken der Zunge, einen Zoll von der Spitze in der Mitte	2	2	3
I.	Ebenda am Rande	2	2	3
K.	Am nicht rothen Theil der Lippen	$2\frac{1}{2}$	2	3
L.	Am Metacarpus des Daumens	$2\frac{1}{2}$	2	$3\frac{1}{4}$
M.	Plantarseite der grossen Zehe am letzten Gliede	$2\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{4}$
N.	Rückenseite des zweiten Gliedes der Finger	3	3	$3\frac{1}{2}$
O.	Backen	$3\frac{1}{4}$	3	$4\frac{1}{4}$
P.	Aeussere Oberfläche des Augenlides	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{3}{4}$	$4\frac{1}{2}$
Q.	Mitte des harten Gaumens	—	4	$4\frac{1}{2}$
R.	Haut auf dem vorderen Theile des Jochbeins	4	4	5
S.	Plantarseite am Mittelfussknochen der grossen Zehe	4	4	5
T.	Rückenseite des ersten Gliedes der Finger	4	4	5
U.	Rückenseite der *capitula ossium metacarpi*	$4\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$
V.	Innere Oberfläche der Lippen nahe am Zahnfleische	$4\frac{3}{4}$	$4\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$
W.	Haut am hinteren Theile des Jochbeins	5	5	$6\frac{1}{2}$
X.	Unterer Theil der Stirn	5	$5\frac{1}{4}$	$6\frac{3}{4}$
Y.	Hinterer Theil der Ferse	6	6	7
Z.	Behaarter unterer Theil des Hinterhauptes	6	6	7
A′.	Rücken der Hand	5	5	7
B′.	Hals unter der Kinnlade	$6\frac{1}{2}$	7	8
C′.	Scheitel	7	8	9
D′.	Kniescheibe und Umgegend	7	8	10
E′.	Kreuz	7	8	11
F′.	Auf dem Glutaeus	—	—	—
G′.	Oberer und unterer Theil des Unterarmes	$9—9\frac{1}{2}$	11—12	12
H′.	Oberer und unterer Theil des Unterschenkels	9—11	11—12	12
I′.	Fussrücken in der Nähe der Zehen	11	11	$12\frac{1}{2}$
K′.	Haut auf dem Brustbein	$11\frac{1}{2}$	$11\frac{1}{2}$	13—14
L′.	Haut am Rückgrate in der Mitte der Hals-, Brust- und Lendengegend	$9—9\frac{1}{2}$	$9\frac{1}{2}—10$	14
M′.	An manchen Stellen in der Mitte des Oberarmes und Oberschenkels	$11\frac{1}{2}—13$	13—15	13—20

Vergleicht man die Zahlen dieser Tabelle mit jener der Tabelle I., so stellt sich heraus:

1. dass die Kinder hier wie dort einen feineren Raumsinn besitzen als die Erwachsenen;

2. dass die Feinheitsgrade des Raumsinnes hier wie dort in ähnlicher Weise an die verschiedenen Hautregionen vertheilt sind;

3. dass die Blinden im Allgemeinen einen beträchtlich feineren Raumsinn besitzen als die Sehenden. Die erwachsenen Blinden scheinen an Feinheit des Raumsinnes sogar die sehenden Kinder zu übertreffen.

Vergleicht man die Zahlen der Columne P., Tab. III mit den Zahlen der Columne W., Tab. I, so erkennt man, dass sich an vielen Stellen die ersten zu den letzteren verhalten etwa wie 1 zu $1^1/_2$, dass somit der erwachsene Blinde einen beiläufig $1^1/_2$mal feineren Raumsinn besitzt, als der erwachsene Sehende.

4. Dass die Schärfung des Raumsinnes bei Blinden allgemein ist und nicht etwa nur auf jene Hautregionen sich beschränkt, welche fast ausschliesslich zum Tasten gebraucht und im Tasten geübt werden. Es scheint dies unsere oben ausgesprochene Meinung zu bestätigen, dass der Grund der Verfeinerung des Raumsinnes bei Blinden wesentlich nur in der Ausbildung der subjectiven Momente, welche offenbar das Unterscheidungsvermögen für alle Tastempfindungen, sie mögen wo immer entstehen, schärfen muss, zu suchen sei.

Hiermit hängt ohne Zweifel auch der leicht zu constatirende Umstand zusammen, dass die Angaben der Blinden über die Wahrnehmungen ihres Tastsinnes ungleich sicherer und präciser ausfallen, als die Angaben der Sehenden.

Blinde empfehlen sich daher vor Allen zu feineren Untersuchungen über den Tastsinn.

So z. B. bestätigen Blinde viel leichter als Sehende folgende von Weber gemachte Beobachtung.

»Wenn man mit den Spitzen des geöffneten Zirkels auf der Haut eines Anderen zwei parallele Linien zieht, und zugleich dafür sorgt, dass beide Spitzen mit gleicher Kraft auf die Haut drücken, so glaubt der Beobachter zu fühlen, dass die Bahnen auf manchen Theilen der Haut sich einander nähern, auf anderen sich von einander entfernen. Sie scheinen an den Theilen der Haut zu divergiren, wo die Zirkelspitzen bei ihrer Bewegung von stumpfer fühlenden Hauttheilen an feiner fühlende übergehen; sie scheinen dagegen dann zu convergiren, wenn sie von feiner fühlenden Hauttheilen auf stumpfer fühlende übergehen. Bei einem gewissen geringen Abstande von einander erregen die Zirkelspitzen das Gefühl, als wenn nur eine einzige Linie auf der Haut beschrieben würde.«[1])

Schliesslich muss ich noch eines Umstandes erwähnen, welcher

[1] Vergl. Weber: Ueber den Raumsinn a. a. O., S. 93.

mir nebst den schon erörterten Momenten an vielen Orten dazu beizutragen scheint, die durch Erfahrung festgestellte Schärfung des Raumsinnes bei Blinden zu erklären. Ich habe nämlich wiederholt die Beobachtung gemacht, dass sich Blinde während der Untersuchung mit dem Zirkel anders benehmen als Sehende. Sehende bleiben ganz ruhig dabei, wenn man ihnen die Zirkelspitzen auf eine beliebige Hautstelle aufsetzt, und halten still, ohne erst dazu aufgefordert werden zu müssen; während Blinde jene Körpertheile, deren Haut mit dem Zirkel untersucht wird, in fortwährende, nur bei einiger Aufmerksamkeit von Seite des Experimentators bemerkbare, kleine und ziemlich rasche Bewegungen versetzen. Diese Bewegungen, welche man vielleicht nicht unpassend »Tastzuckungen« nennen könnte, scheinen halb unwillkürlich[1]) zu erfolgen, indem die Blinden, an denen ich meine Messungen machte, dieselben nie völlig unterliessen, selbst wenn ich sie darum ausdrücklich gebeten hatte.

Die Tastzuckungen, durch welche die einfachen Eindrücke der auf der Haut ruhenden Zirkelspitzen in verschiedener Weise abgeändert werden, und welche somit offenbar zur leichteren Unterscheidung der Tasteindrücke, ähnlich wie die Bewegungen der Tastorgane beim Tasten überhaupt, beitragen müssen, erfolgen nicht nur an den Gelenken, sondern auch an Körpertheilen, welche nicht weiter gegliedert sind, wie z. B. in der Mitte des Handrückens, des Ober- und Unterarmes u. s. w. An solchen Orten zuckten meine Blinden mit einzelnen Sehnen und Muskelbäuchen, um die betreffenden Hautpartien zu verschieben und in verschiedener Weise gegen die Zirkelspitzen anzudrücken — mit einem Worte, um die Objecte gewissermassen selbstthätig zu betasten. Dabei glaube ich zugleich bemerkt zu haben, dass sie noch dann mit Sicherheit die beiden Zirkelspitzen zu unterscheiden behaupteten, wenn sie gleichwohl nicht mehr anzugeben vermochten, in welcher Richtung zur Längsaxe des Gliedes dieselben aufgesetzt waren. — Weitere Untersuchungen mögen zeigen, ob

[1] Den Blinden mag es mit den Tastzuckungen ähnlich gehen, wie den Sehenden mit der Einstellung der Sehaxe. So wie nämlich Sehende, wenn sie einen Gegenstand vermittelst des Gesichtes scharf wahrnehmen wollen, unwillkürlich die Sehaxe auf das zu fixirende Object richten, um das Bild desselben auf den gelben Fleck fallen zu machen, eben so und aus ähnlichen Gründen versetzen wahrscheinlich Blinde ihre Tastorgane in Bewegungen und Zuckungen. Sowohl die Einstellung der Sehaxe als die Tastbewegungen und Zuckungen werden durch Muskeln vermittelt, welche der Willkür gehorchen; allein diese Bewegungen stehen auch im Dienste der Sinnesthätigkeit und dann treten sie halb unwillkürlich ein — ja selbst gegen den Willen, wie die Erfahrung zeigt, welche Jeder bestätigen wird, der Ungeübte gewisse Sehversuche anstellen sah.

die beschriebenen Tastzuckungen bei allen Blinden vorkommen und wie hoch etwa ihr Einfluss auf die Feinheit der Raumsinnswahrnehmungen anzuschlagen wäre.

§ 3. Ueber das Verhältniss zwischen der Ausdehnung der Haut und dem Feinheitsgrade des Raumsinnes.

Aus dem Vorangehenden hat sich ergeben, dass unter übrigens gleichen Umständen die Feinheit des Raumsinnes in einem gewissen Verhältnisse zur linearen oder quadratischen Ausdehnung der Haut steht. Nimmt *caeteris paribus* die Grösse der Hautausdehnung zu, so vermindert sich die Feinheit des Raumsinnes in einem bestimmten Verhältnisse und umgekehrt. Dieses Verhältniss nun genauer zu ermitteln, soll im vorliegenden § unsere Aufgabe sein.

Meine begonnenen Beobachtungen an den vier Knaben würden unter der Voraussetzung, dass während des Wachsthumes, ausser der Vergrösserung der Hautfläche, keine die Feinheit des Raumsinnes beeinflussenden Veränderungen weder in dem Tastnervensystem (namentlich im centralen?), noch sonst irgendwo vor sich gehen, zur Lösung dieser Aufgabe brauchbar sein, indem man die früher für die Knaben, später für die Erwachsenen gefundenen Zirkelabstände mit der linearen und quadratischen Ausdehnung, welche die betreffenden Hautstellen einst im Knabenalter und dann nach vollendetem Wachsthume hatten, vergleichen könnte und hieraus sofort erfahren würde, in welchem Verhältnisse die Hautausdehnung zu-, die Feinheit des Raumsinnes aber abgenommen habe.

Da jedoch die Beobachtungen an den Knaben erst nach Jahren ihren Abschluss finden können, ferner eine Voraussetzung (siehe oben), welche nicht nur nicht zu erweisen, sondern, wie ich später zeigen werde, geradezu zu widerlegen ist, und genaue Messungen der durch das Wachsthum gesetzten Vergrösserung der einzelnen Hautregionen, welche kaum mit hinreichender Genauigkeit und Sicherheit auszuführen sein dürften, unumgänglich nöthig machen, so eignen sie sich in der That wenig oder gar nicht zur Lösung unserer Aufgabe.

Ich habe mich daher nach anderen Objecten und einem einfacheren Verfahren umgesehen und bin auf den sehr nahe liegenden Gedanken gekommen, den Feinheitsgrad des Raumsinnes an künstlich oder natürlich ausgedehnten und gespannten Hautstücken während und vor (oder nach) der Dehnung zu bestimmen und zu vergleichen, um auf diese Art ermitteln zu können, ob die durch die Vergrösserung

oder Verkleinerung der Hautausdehnung — *caeteris paribus* — bedingte Veränderung der Feinheit des Raumsinnes dieser Ausdehnung genau umgekehrt proportional sei oder nicht.

Gelegenheit zu solchen Beobachtungen hat man vor Allem

1. auf der Bauchhaut der Schwangeren vor und nach der Entbindung;

2. auf der Haut über pathologischen Geschwülsten (Hydroovarien, Lipomen etc.), wenn die Haut übrigens gesund ist und nach der Operation auf ein gewisses Maass sich wieder zusammenzieht, endlich

3. überall da, wo die Haut durch passend angebrachten Zug künstlich gespannt und ausgedehnt werden kann.

Meine Beobachtungen, welche ich sogleich mittheilen werde, habe ich an der Bauchhaut von Schwangeren und an künstlich ausgedehnten Hautstücken angestellt; pathologische Geschwülste, welche zu diesen Untersuchungen passend gewesen wären, sind mir nicht vorgekommen.

a) Bestimmungen an Schwangeren.

Die Messungen, welche ich mit der gütigen Erlaubniss des Herrn Prof. Chiari im Prager Gebärhause machen durfte, sind weiter unten in der Tabelle IV zusammengestellt. Ich verfuhr folgendermassen. Wenige Tage vor der voraus berechneten Entbindung bestimmte ich vermittelst des Zirkels, dessen Spitzen ich meist unterhalb des Nabels in querer Richtung aufsetzte, die Feinheit des Raumsinnes der durch den schwangeren Uterus ausgedehnten Bauchhaut, notirte den gefundenen Werth und bezeichnete die beiden von den Zirkelspitzen getroffenen Hautpunkte mit Lapis. Nach erfolgter Entbindung kam ich wieder und bestimmte erstlich den nun geringer gewordenen Abstand der Lapispunkte und dann von Neuem den Abstand der Zirkelspitzen, welcher dem nunmehrigen Feinheitsgrade des Raumsinnes, der zur normalen Ausdehnung nahezu zurückgekehrten Bauchhaut entsprach. Die Vergleichung der Abstände der Lapispunkte vor und nach der Entbindung ergiebt das Verhältniss der Zusammenziehung der Haut, die Vergleichung der Abstände der Zirkelspitzen vor und nach der Entbindung aber das Verhältniss der durch diese Zusammenziehung gesetzten Vergrösserung des Feinheitsgrades des Raumsinnes. Das Verhältniss zwischen der Zusammenziehung der Haut und der Verfeinerung des Raumsinnes wird dann von selbst offenbar.

Tabelle IV.

Name der Schwangeren	Zum wievieltenmal schwanger?	Abstand der Zirkelspitzen		Abstand der Lapispunkte	
		vor	nach	vor	nach
		der Entbindung		der Entbindung	
Klement . .	1.	21 W. L.	16 W. L.	21 W. L.	15 W. L.
Dokonal . .	2.	18 -	$14\frac{3}{4}$ -	18 -	13 -
Skalda . . .	2.	32 -	$25\frac{1}{4}$ -	32 -	24 -
Lommie . .	1.	$29\frac{1}{2}$ -	26 -	$29\frac{1}{2}$ -	25 -
Nowák . . .	1.	$32\frac{1}{4}$ -	27 -	$32\frac{1}{4}$ -	25 -
—	—	*e'*	*e*	*l'*	*l*

b) Bestimmungen an künstlich ausgedehnten Hautstücken.

Ehe ich diese in der Tabelle V zusammengestellten Messungen mittheile, muss ich noch Einiges über das dabei befolgte Verfahren bemerken. Zuerst wurde die Feinheit des Raumsinnes der gewählten Hautstelle mit möglichster Genauigkeit vermittelst des Zirkels bestimmt und notirt; sodann bezeichnete ich zwei beliebige, der Bequemlichkeit wegen gewöhnlich die beiden von den Zirkelspitzen berührten Hautpunkte mit Tusche oder Tinte.

Nun wurde die Dehnung des Hautstückes vorgenommen, indem zwei Gehilfen die Haut vermittelst der fest aufgedrückten Finger ihrer Einen Hand nach entgegengesetzten Richtungen anzogen und längere Zeit in gleicher Spannung erhielten.[1] Um sicher zu sein, dass während der Messung der Spannungsgrad der Haut gewiss derselbe bleibe, liess ich einen der Gehilfen mit seiner unbeschäftigten Hand einen entsprechend weit geöffneten Zirkel genau schwebend über den Mittelpunkten der beiden Tuschpunkte halten, wodurch er in den Stand gesetzt wurde mit Sicherheit anzugeben, ob sich der Abstand der Tuschpunkte von einander verändere oder nicht, und einen etwaigen Fehler sogleich durch stärkeres Anziehen oder Nachlassen zu corrigiren.

Waren diese Vorbereitungen getroffen, so mass ich den nunmehrigen Abstand der Tuschpunkte und bestimmte endlich die Feinheit des Raumsinnes der ausgedehnten Haut. Das Weitere versteht sich von selbst.

Noch muss ich erwähnen, dass ich bei diesen Messungen von mehreren meiner Zuhörer und zwar den Herren stud. med. Maier, Němeček und Kohn freundlich unterstützt worden bin.

[1] Bei dem angewendeten Verfahren die Haut künstlich auszudehnen, erfährt dieselbe eigentlich nur eine lineare Ausdehnung in der Richtung des Zuges, während in der darauf senkrechten Richtung eine Zusammenschrumpfung stattfindet. Die Bauchhaut der Schwangeren wird hingegen in jeder Richtung ihrer Fläche, also quadratisch ausgedehnt.

Tabelle V.

Name des Beobachters	Theil der Haut	Abstand der Zirkelspitzen		Abstand der Tuschpunkte	
		vor der Dehnung	nach der Dehnung	vor der Dehnung	nach der Dehnung
MAIER . . .	Rücken der Hand	13 W. L.	18 W. L.	13 W. L.	19 W. L.
NEMEČEK . .		$12\frac{1}{2}$ -	16 -	$12\frac{1}{2}$ -	18 -
CZERMAK . .		12 -	14 -	12 -	15 -
BROECKL[1]) .		5 -	$5\frac{1}{2}$ -	5 -	7 -
MAIER . . .	Rother Theil der Unterlippe in der Mitte	1 W. L.	$1\frac{1}{2}$ W. L.	3 -	$5\frac{1}{4}$ W. L.
NEMEČEK . .		$1\frac{2}{3}$ -	3 -	3 -	6 -
CZERMAK .		$1\frac{1}{2}$ -	$2\frac{1}{2}$ -	$3\frac{3}{4}$ -	7 -
KOHN		2 -	$2\frac{1}{4}$ -	$4\frac{2}{3}$ -	$6\frac{3}{4}$ -
MAIER . . .	Mitte des Unterarmes (Innenfläche)	28 W. L.	29 W. L.	28 W. L.	32 W. L.
NEMEČEK . .		23 -	26 -	23 -	$27\frac{1}{2}$ -
CZERMAK . .		24 -	25 -	24 -	29 -
KOHN		$35\frac{1}{2}$ -	$39\frac{1}{4}$ -	$35\frac{1}{2}$ -	40 -
BROECKL . .	Mitte des Oberarmes (Aeusserer Rand des *M. biceps*)	10 W. L	$12\frac{1}{2}$ W. L.	10 W. L.	14 W. L.
MAIER . . .		32 -	36 -	32 -	$37\frac{1}{2}$ -
CZERMAK . .		32 -	$35\frac{1}{4}$ -	32 -	37 -
—	—	e	e'	l	l'

Wir haben es hier mit zwei verschiedenen Ausdehnungszuständen der Haut und mit den durch diese Zustände, *caeteris paribus*, bedingten Feinheitsgraden des Raumsinnes zu thun.

Bezeichnen wir mit l den, dem Zustande geringerer Ausdehnung der Haut entsprechenden Abstand zweier bestimmten Hautpunkte von einander, mit l' hingegen den, dem Zustande der grösseren Ausdehnung der Haut entsprechenden Abstand derselben Hautpunkte: eben so den Abstand der Zirkelspitzen im ersten Falle mit e, im zweiten Falle mit e', so ergiebt sich aus den angeführten Tabellen, dass die vier Grössen l l' e und e' nicht genau proportionirt sind, dass der Quotient $\frac{e'}{e}$, welchen wir den Exponenten des Feinheitsgrades nennen wollen, immer (sowohl im Falle der Ausdehnung als der Zusammenziehung der Haut) näher der Einheit ist, als der Quotient $\frac{l'}{l}$, welcher der Exponent der Ausdehnung heissen soll. Ganz allgemein kann das von mir aufgefundene Gesetz folgendermassen formulirt werden: Wird unter übrigens gleichen Umständen die Ausdehnung der Haut verändert, so ändert sich in entgegengesetztem Sinne auch der Feinheits-

[1] Derselbe blinde Knabe, dessen bereits im vorigen § Erwähnung geschah.

grad des Raumsinnes und zwar so, dass der Exponent des Feinheitsgrades näher der Einheit steht, als der Exponent der Ausdehnung[1]).

Auf die in den Tabellen IV und V mitgetheilten Zahlen und die mit denselben angestellten Berechnungen lege ich übrigens kein allzugrosses Gewicht, denn erstens sind die Unterschiede, um welche es sich hier handelt, meist so gering, dass es überhaupt fraglich erscheinen kann, ob solche Bestimmungen bei der Unsicherheit der Wahrnehmung, welche durch Spannung der Haut noch vergrössert zu werden scheint, und bei der Menge der Fehlerquellen möglich sind? und dann ist die Anzahl der von mir gemachten Messungen noch viel zu gering, um aus derselben allgemeinere Resultate abzuleiten.

Nichtsdestoweniger glaube ich aber durch die folgende Erwägung berechtigt zu sein, das oben formulirte Gesetz doch schon jetzt für ziemlich begründet zu halten. Gesetzt nämlich, es wäre unmöglich, die absoluten Unterschiede der beiden Exponenten mit der erforderlichen Genauigkeit auszumitteln, so wird es doch keinem einigermaassen sorgfältigen Beobachter entgehen können, dass irgend ein

[1] Nachfolgende Berechnung verdanke ich der Güte des Herrn Prof. C. Jelinek in Prag. Versucht man die Zahlen der Tafel IV durch eine Formel darzustellen, so findet man, dass nahezu $e : e' = l^{\frac{3}{5}} : l'^{\frac{3}{5}}$ oder $e^5 : e'^5 = l^3 : l'^3$. Die Zahlen der Tabelle V werden besser dargestellt durch die Proportion $e : e' = l^{\frac{3}{4}} : l'^{\frac{3}{4}}$ oder $e^4 : e'^4 = l^3 : l'^3$.

Minder genau — aber bei den möglichen Beobachtungsfehlern noch immer genügend — findet man für beide Tabellen IV und V zusammen $e : e'^{\frac{2}{3}} = l : l'^{\frac{2}{3}}$ oder $e^3 : e'^3 = l^2 : l'^2$.

Da der Feinheitsgrad offenbar den Zahlen e und e' umgekehrt proportionirt ist, so dass man hat $f : f' = e' : e$, so wird man auch näherungsweise haben $f : f' = l'^{\frac{2}{3}} : l^{\frac{2}{3}}$. Um von der Genauigkeit, welche diese Proportion gewährt, eine Vorstellung zu geben, folgen hier die nach derselben berechneten Werthe für e' verglichen mit dem unmittelbar beobachteten der Tabelle IV und V.

Tabelle IV.

berechnet	beobachtet
20·0‴	21‴
18·3	18
30·6	32
29·0	29·5
32·0	30·25

Tabelle V.

berechnet	beobachtet	berechnet	beobachtet
16·7‴	18‴	30·6	29
15·9	16	25·9	26
13·9	14	27·2	25
6·3	5·5	38·4	39·25
1·5	1·5	12·5	12·5
2·7	3	35·6	36
2·3	2·5	35·3	35·25
2·6	2·25		

Unterschied dieser beiden Grössen vorhanden sei. Denn hat man den kleinsten Abstand, bei welchem die Zirkelspitzen eben noch deutlich als doppelt empfunden werden, vor der Entbindung oder vor der künstlichen Dehnung der Haut richtig bestimmt — (worauf allerdings die scrupulöseste Sorgfalt verwendet werden muss, da dieser Umstand eine *conditio sine qua non* ist) — und die von den Zirkelspitzen berührten Hautpunkte mit Lapis oder Tusche bezeichnet, so wird man im ersten Falle, d. h. nach der Entbindung finden, dass die Zirkelspitzen nicht mehr als räumlich gesondert empfunden werden, wenn sie wieder auf die mit Lapis bezeichneten Punkte aufgesetzt werden, sondern erst bei etwas grösserem Abstande, während die Zirkelspitzen im zweiten Falle, d. h. nach der künstlichen Ausdehnung der Haut, auch dann noch doppelt empfunden werden, wenn sie sich in einem etwas geringeren Abstande von einander befinden, als die Tuschpunkte nach der Dehnung.

Diese leicht zu constatirenden Thatsachen lassen, wie ich glaube, über die Richtigkeit des aufgestellten Gesetzes keinen Zweifel, wenn es gleichwohl dahin gestellt bleiben muss, ob es möglich sei die absolute Grösse des nachweisbaren Unterschiedes genau anzugeben.

Ich lasse nun die Erklärung der erörterten Erscheinungen, wie sich dieselbe aus E. H. Weber's Theorie der festen Empfindungskreise ergibt, folgen, um schliesslich einige Bemerkungen von theoretischem Interesse leichter anknüpfen zu können.

In Figur 10 (Taf. 17) versinnlichen uns die Kreise *A*, *B* und *C* drei Weber'sche Empfindungskreise [1]) eines beliebigen Hautstückes, die kleineren schraffirten Kreise *Z* und *Z* aber die Stellen derselben, welche von den mehr oder weniger stumpfen Zirkelspitzen berührt werden. Wenn wir voraussetzen, dass die durch *B* getrennten Empfindungskreise *A* und *C* zwei räumlich gesonderte Eindrücke zu vermitteln im Stande sind, so wird der geringste Abstand der Zirkelspitzen, bei welchem sie noch doppelt empfunden werden, dann erreicht sein, wenn die Berührungskreise *Z* und *Z*, (wie auf unserer Zeichnung) die nach *B* gekehrten Theile der Peripherien von *A* und *C* tangiren ohne nach *B* hinauszugreifen. Die Länge der Linie *ZZ*, welche die Mittelpunkte der berührten Stellen verbindet, gibt das Maass für den Feinheitsgrad des Raumsinnes der betreffenden Haut-

[1] Da man über die eigentliche Form der Empfindungskreise nichts Bestimmtes weiss, so gab ich ihnen der Einfachheit wegen die Kreisform. Die Schemen ändern sich wesentlich gar nicht, wenn man auch statt der Kreise Sechsecke oder sonst beliebige Formen zeichnete.

stelle vor der Dehnung. Die Verhältnisse, welche durch eine Dehnung in der Haut gesetzt werden, sind verschieden, je nachdem die Dehnung einseitig oder allseitig geschieht; im ersten Falle werden die Empfindungskreise elliptische Formen annehmen müssen, im zweiten Falle die Kreisform, freilich mit grösserem Radius, beibehalten.

In Fig. 11 (Taf. 17) sind dieselben drei Empfindungskreise *A*, *B* und *C* dargestellt, während das betreffende Hautstück in querer Richtung ausgedehnt wird. Man ersieht aus diesem Schema leicht, dass der kleinste Abstand, bei welchem die Zirkelspitzen nach der Ausdehnung der Haut noch räumlich gesondert empfunden werden können, offenbar $= Z'' Z''$ sein und daher geringer ausfallen muss als $Z' Z'$, welches der proportional der Dehnung vergrösserte, frühere Abstand der Zirkelspitzen ist. Dasselbe leuchtet aus Fig. 12, welche den Fall einer allseitigen Dehnung der Haut illustrirt, deutlich ein. Die ganze Erscheinung ist also eigentlich dadurch bedingt, dass die Stellen, an welchen die Haut von den Zirkelspitzen berührt wird, keine mathematischen Punkte, sondern kleine Flächen sind.

In den Schemen Fig. 10, 11, 12 (Taf. 17) sind die Durchmesser der Berührungsflächen (Zerstreuungskreise) kleiner als die Durchmesser der Empfindungskreise angenommen. Man erhält aber dieselben Resultate, wenn man die Durchmesser der Berührungsflächen gleich oder grösser setzt, als die Durchmesser der Empfindungskreise. Vgl. Fig. 13, 14, 15 und Fig. 16, 17, 18 (Taf. 17).

In ganz derselben Weise erklärt es sich auch, warum der Abstand der Zirkelspitzen in Folge einer Zusammenziehung der Haut nicht proportional dieser Zusammenziehung abnimmt, vgl. Fig. 19 und 20 (Taf. 17). Man ersieht aus diesen beiden Schemen zugleich, dass die Zirkelspitzen, wenn man sie, wie oben erwähnt, nach der Zusammenziehung der Haut wieder auf die mit Tusche oder Lapis bezeichneten Punkte aufsetzt, nicht mehr räumlich getrennt empfunden werden können, indem dann die Berührungsflächen (vgl. Fig. 20 die punktirten Kreise Z' und Z') bis in den Empfindungskreis *B* hineinreichen.

Wären die Berührungsflächen zwischen der Haut und den Zirkelspitzen keine Flächen, sondern mathematische Punkte, oder würde der Abstand der Zirkelspitzen statt von den Berührungsmittelpunkten ZZ und $Z' Z'$ u. s. w. von den Punkten α und α, wo die Berührungskreise die Peripherie der Empfindungskreise *A* und *C* tangiren, gemessen, dann liesse sich nach E. H. Weber's Theorie durchaus nicht begreifen, warum der Abstand der Zirkelspitzen nicht genau proportional der Ausdehnung des Hautstückes sein sollte. Da jedoch die Berührung der Haut, auch wenn sie mit einer sehr feinen Spitze ausgeübt wird, nie-

mals punktförmig, sondern stets trichterförmig ist und sich auf diese Art gewissermaassen mit einem »Zerstreuungskreise« umgibt und da ferner die Peripherie dieses Zerstreuungskreises nie so scharf markirt ist, dass von ihr aus die Entfernung zweier solcher Zerstreuungskreise gemessen werden könnte, so darf man wohl die vorstehende auf WEBER's Hypothese gebaute Erklärung als gegründet und ausreichend ansehen.

Die Grösse des Zerstreuungskreises, welcher um den Berührungsmittelpunkt herum entsteht, muss mit der Stärke des Druckes bei der Berührung und mit dem Spannungsgrad der Haut und deren Unterlage in Beziehung stehen und daher variabel sein. Den Druck und alles Uebrige gleichgesetzt, dürfte es wohl wahrscheinlich sein, dass die Grösse des Zerstreuungskreises bei grösserer Spannung der Haut abnehmen werde und umgekehrt. Trägt man diesem Umstande in den schematischen Zeichnungen (Figur 10 bis 20) Rechnung, dann wird die Differenz zwischen den Abständen der Berührungsmittelpunkte vor und nach der Dehnung oder Zusammenziehung der Haut bedeutender, als sie sich bei der Annahme, dass der Zerstreuungskreis sich gleich bleibt (vgl. die Zeichnungen), herausstellt.

Sollte sich der Zerstreuungskreis in Folge der Spannung der Haut entgegen der obigen Vermuthung vergrössern und *vice versa*, so würde das entgegengesetzte Resultat folgen.

Uebrigens glaube ich, dass eine erhebliche, die Messung wesentlich beeinflussende Veränderung des Durchmessers des Zerstreuungskreises doch nur in Folge sehr beträchtlicher Spannungsdifferenzen der Haut eintreten kann, und dass man bei geringen Spannungsgraden der Haut keinen erheblichen Fehler begehen werde, den Durchmesser des Zerstreuungskreises als constant anzunehmen.

Ist aber der Durchmesser des Zerstreuungskreises constant oder wird derselbe durch Spannung der Haut statt kleiner grösser, durch Erschlaffung statt grösser kleiner, und hält man WEBER's Hypothese und die von mir gegebene Erklärung der Messungen des Verhältnisses zwischen der Ausdehnung der Haut und dem Feinheitsgrade des Raumsinnes fest, so wird man in diesen Messungen das erste und bisher einzige Verfahren begrüssen müssen, durch welches ein Grenzwerth des absoluten Durchmessers der WEBER'schen Empfindungskreise näherungsweise ausgemittelt werden könnte.

Unter den gemachten Voraussetzungen kann man in der That aus den vier in den Tabellen IV und V enthaltenen Bestimmungen mit Leichtigkeit einen Theil des unbekannten Durchmessers der Empfindungskreise berechnen und von dem unbekannten Durchmesser daher

behaupten, dass er keinesfalls kleiner sein kann, als die berechnete Grösse. Damit ist nun freilich über die absolute Grösse des Empfindungskreises nichts gesagt, allein unsere Vorstellung von derselben ist doch wenigstens nach einer Seite hin limitirt, und man kann sich dieselbe nicht mehr »so klein denken, als man will.«

Legen wir die Schemen Fig. 10 bis inclusive Fig. 18 zu Grunde, so gestaltet sich die Berechnung folgendermaassen: $z'z' - z''z'' = 2m$, $m = \frac{z'z' - z''z''}{2}$, da aber $x : m = zz : z'z'$, so ist $x - \frac{mzz}{z'z'}$ also $x = \frac{zz(z'z' - z''z'')}{2z'z'}$.

Legt man der Berechnung hingegen Fig. 19 und 20 zu Grunde, dann entsteht zunächst die Frage, welcher der beiden Ausdehnungszustände der Haut der natürliche oder primäre sei. Ist der Zustand geringerer Ausdehnung (Figur 20) der primäre, so ist einfach $x = \frac{z''z'' - z'z'}{2}$; dies ist z. B. der Fall bei der Haut der Schwangeren. Ist hingegen der Zustand grösserer Ausdehnung (Fig. 19) der natürliche, so gibt (da $x : \frac{z''z'' - z'z'}{2} = zz : z'z'$) für x offenbar die Formel $x = \frac{zz(z''z'' - z'z')}{2z'z'}$.

Uebrigens hat schon Weber Auskunft über die verhältnissmässige Grösse der Empfindungskreise gegeben und behauptet, »dass die Empfindungskreise in manchen Theilen der Haut noch einmal so gross gedacht werden müssten, als in anderen und dass sie in noch anderen Theilen der Haut, in welchen der Raumsinn noch stumpfer wäre, 5mal, 10mal, 20mal, 30mal, 40mal und sogar 50mal grösser angenommen werden müssten, als in den Theilen der Haut, wo der Raumsinn am feinsten ausgebildet sei«. Diese Daten können nun manchfach benützt werden, um die von mir angedeuteten Berechnungen der Wahrheit mehr anzunähern und vor groben Fehlern zu bewahren. Hätte man z. B. auf einer feiner fühlenden Hautstelle den Werth von x bestimmt, so könnte man bezüglich des Durchmessers der Empfindungskreise einer 30mal stumpfer fühlenden Hautstelle behaupten, dass er mindestens 30 x betragen müsse u. s. w. Der Werth der Grösse x hängt aber wesentlich ab von der Ausdehnung oder Zusammenziehung der Haut und dem Verhältnisse zwischen dem Durchmesser des Berührungskreises (Zerstreuungskreises) und dem absoluten Durchmesser der Empfindungskreise, so zwar, dass für den Fall, dass der Durchmesser des Berührungskreises beträchtlich grösser ist, als der Durchmesser des Empfindungskreises und die

Spannungsgrösse der Haut zugleich ein gewisses Maass überschreitet, der Werth von x grösser ausfallen muss, als der Durchmesser der Empfindungskreise. Vgl. Fig. 21 und 22. Hiermit scheint nun das ganze Verfahren zur Bestimmung eines kleinsten Grenzwerthes des Durchmessers der Empfindungskreise über den Haufen geworfen zu sein. In der That ist es nicht zu leugnen, dass dieser Umstand meinem Verfahren den grössten Theil seiner ohnehin schon durch andere Momente vielfach beeinträchtigten Sicherheit raubt. So rasch glaube ich, darf man sich jedoch nicht entmuthigen und von dem betretenen Wege — dem einzigen, der bisher zum Ziele zu führen schien, — weil er nicht ganz eben ist, zurückschrecken lassen. Ich meine, es lohne sich doch der Mühe, den Versuch zu wagen, den Weg zu ebnen und vor Allem praktisch zu erproben, um zu sehen, wie die gewonnenen Resultate stimmen. Dass es wirklich zu vorschnell wäre, jeden weiteren Versuch mit dem vorgeschlagenen Verfahren aufzugeben, glaube ich durch folgende Bemerkungen begründen zu können.

Ich gebe zu erwägen, dass das angeführte Bedenken nur für den Fall gilt, dass 1. der Durchmesser der Empfindungskreise beträchtlich kleiner ist, als der Durchmesser des Zerstreuungs- oder Berührungskreises und 2. die Ausdehnung oder Zusammenschrumpfung der Haut ein gewisses Maass überschreitet; während das Bedenken für alle anderen durch die Figg. 10 bis inclus. 20 illustrirten Fälle keine Bedeutung hat. Hiernach hätte man nur den Resultaten zu misstrauen, welche an besonders feinfühlenden Hautstellen bei beträchtlicher Dehnung oder Schrumpfung der Haut mit stumpfen Zirkelspitzen gewonnen wurden, nicht aber jenen, welche an stumpfer fühlenden Hautstellen gewonnen wurden.

Wollte man nun auch Messungen an feiner fühlenden Hautstellen mit feineren Zirkelspitzen bei leiserem Aufdrücken derselben und bei geringerer Ausdehnung und Schrumpfung der Haut für unstatthaft erklären, so bliebe doch noch ein Mittel diesen Ausfall zu decken. Das Mittel nämlich aus den unbezweifelten Bestimmungen an stumpfer fühlenden Hautstellen die verhältnissmässige Grösse des Durchmessers der Empfindungskreise zu berechnen, um auf diese Weise zu kleinsten Grenzwerthen zu kommen u. s. w.

Für jetzt will ich nicht weiter auf diesen Gegenstand, über den sich noch Vieles sagen liesse, eingehen, und so mögen denn die gegebenen Andeutungen genügen, welche noch länger zurückzuhalten ich um so weniger Veranlassung finde, als ich hoffen darf, durch dieselben auch andere Forscher zu weiteren Untersuchungen in diesem Gebiete anzuregen und zu Mitarbeitern zu gewinnen. Was ich bis-

her mitgetheilt habe, sind Gedanken und Folgerungen, die sich mit Nothwendigkeit aus WEBER's Lehre über den Raumsinn der Haut ergeben und früher oder später ausgesprochen werden mussten. Ich habe sie ausgesprochen, ohne damit für WEBER's Lehre ganz und gar einstehen zu wollen, denn in den Grundzügen halte ich WEBER's Lehre wohl für vollkommen richtig und begründet, nicht aber in der speciellen Ausführung, welche mir im Gegentheil ungenügend und einer Verbesserung sehr bedürftig erscheint.

Ich schliesse diesen Paragraph mit einem Ergebniss, welches für die Lehre vom Raumsinn überhaupt und für die vergleichenden Beobachtungen über die Feinheit des Raumsinnes der Haut bei Kindern und bei Erwachsenen insbesondere von Wichtigkeit ist.

Nach den Messungen, welche im § 1 mitgetheilt sind, muss man schliessen, dass Kinder einen nicht unbeträchtlich feineren Raumsinn in der Haut besitzen, als Erwachsene. Dieses Factum hatte ich a priori erschlossen, indem ich erwog, dass unter übrigens gleichen Umständen die Feinheit des Raumsinnes offenbar in einem entgegengesetzten Verhältnisse zur linearen oder quadratischen Ausdehnung der Haut stehen müsse. Die Erfahrung hat die Richtigkeit dieses Schlusses bestätigt, indem sich die vermutheten Differenzen in der That herausgestellt haben.

Diese Differenzen sind aber an vielen Stellen grösser ausgefallen, als sie bei den gemachten Voraussetzungen ausfallen konnten. Es lässt sich nämlich die Grösse der Abnahme der Feinheit des Raumsinnes, während des Wachsthumes und nach vollendetem Wachsthume, um so weniger nur aus der Vergrösserung der Hautoberfläche erklären, als nach dem oben aufgestellten Gesetze die Abnahme der Feinheit des Raumsinnes, der Zunahme der Hautausdehnung nicht einmal proportional ist.

Ich habe versucht die Vergrösserung der Hautausdehnung zu berechnen, welche nöthig wäre, um die (Tab. I) für die Knaben angegebenen Feinheitsgrade soweit abzustumpfen, dass sie mit den Feinheitsgraden des Erwachsenen stimmen.

Ich habe hierbei an vielen Stellen, selbst unter der Voraussetzung, dass die Abnahme der Feinheit des Raumsinnes genau proportional sei der Zunahme der Hautausdehnung, solche Werthe erhalten, dass die Knaben zum Theil in riesigen Dimensionen auswachsen müssten, um die gewöhnlichen Feinheitsgrade Erwachsener zu bekommen.

Hieraus ergibt sich nun mit Nothwendigkeit der Satz: dass während des Wachsthums eine Vergrösserung der Em-

pfindungskreise nicht nur in Folge der Zunahme der Hautoberfläche, sondern auch in Folge gewisser, für verschiedene Regionen verschieden grosser Veränderungen der unbekannten Einrichtungen der Centralorgane stattfindet.

An die Möglichkeit solcher Veränderungen in den Centralorganen, welche schon a priori mehr als wahrscheinlich erscheinen muss, habe ich von Anfang an gedacht und auf dieselbe zu wiederholten Malen in den vorhergehenden Mittheilungen hingewiesen, obschon ich geflissentlich keine weitere Rücksicht darauf genommen habe, um meine Betrachtungen, welche jetzt in mehrfacher Weise zu modificiren und zu ergänzen sind, unter den einmal gemachten Voraussetzungen consequent zu Ende bringen zu können.

Eine ähnliche Vergrösserung der Empfindungskreise, welche Lichtenfels[1]) nach der Einwirkung narcotischer Gifte auf das Hirn (Atropin, Daturin, Morphin etc.) auftreten sah, muss ich auf Grund der obigen Mittheilungen für eine normale, physiologische, das Wachsthum des Gehirns begleitende Erscheinung erklären.

Die Bestätigung dieses Satzes durch die directen Beobachtungen an den vier Knaben erst noch abzuwarten, halte ich deshalb für überflüssig, als dieselbe gar nicht ausbleiben kann, da mit voller Sicherheit anzunehmen ist, dass weder sämmtliche vier Knaben zu Riesen auswachsen, noch auch alle vier einen ausnahmsweise und abnorm feinen Raumsinn behalten werden.

§ 4. Beobachtungen über das Wahrnehmen gleichzeitiger, heterogener Eindrücke, welche einander so nahe gerückt sind, dass sie nicht mehr räumlich unterschieden werden.

Ich habe Reihen von Versuchen angestellt, um zu erfahren, wie zwei gleichzeitige aber ungleiche Eindrücke gefühlt werden, wenn man sie innerhalb eines Hautbezirkes applicirt, dessen Durchmesser zu klein ist, als dass daselbst zwei gleichzeitig aufgesetzte Zirkelspitzen deutlich unterschieden werden könnten.

Diese Versuche wurden folgendermaassen angestellt. Ich bestimmte zuerst vermittelst des Zirkels in verschiedenen Hautregionen die Grösse des Bezirkes, innerhalb welches die gleichzeitigen und gleichen Eindrücke der Zirkelspitzen zu einer einzigen Empfindung ver-

[1] Sitzb. d. kais. Akademie d. Wissensch. zu Wien. IV, S. 338.

schmolzen. Nachdem ich diesen sorgfältig bestimmten Bezirk mit Tusche umrissen hatte, setzte ich an zwei beliebigen Punkten desselben statt der Zirkelspitzen zwei sehr kleine Reagensgläschen, von denen das eine mit heissem Oel, das andere mit einer Kältemischung gefüllt war, mit ihren abgerundeten unteren Enden auf.

Das übereinstimmende Resultat meiner auf diese Art an mir und Anderen auf den verschiedensten Hautregionen ausgeführten Versuche ist nun folgendes. Man unterscheidet unter den angegebenen Bedingungen den Kälteeindruck des einen Gläschens deutlich von dem Wärmeeindruck des anderen, allein (und dies versetzt den Beobachter in eine eigenthümliche, nicht zu beschreibende Verwirrung) man hat keine Ahnung von ihrem Nebeneinander; man kann durchaus nicht angeben, ob der Wärmeeindruck rechts oder links, nach vorn oder hinten von dem Kälteeindruck sich befindet. Manchmal glaubt man zwar, die räumliche Disposition der Eindrücke wahrzunehmen, gibt dann aber regelmässig das gerade Gegentheil von Dem an, was wirklich stattfindet. Ich erwähne dieses Umstandes, weil er sich in meinen Versuchsreihen so oft wiederholt hat, dass ich ihn kaum für ganz zufällig halten kann. Erst wenn man die verschieden temperirten Gläschen in solchem Abstande von einander mit der Haut in Berührung bringt, als zur räumlichen Unterscheidung zweier Zirkelspitzen erforderlich ist, erst dann nimmt man auch die räumliche Disposition jener heterogenen Eindrücke wahr.

Noch muss ich folgende bei diesen Versuchen gemachte Bemerkungen mittheilen. So lange die Eindrücke innerhalb jenes Bezirkes applicirt werden, schweben die beiden gleichzeitigen aber heterogenen Empfindungen unbestimmt im Raume, etwa wie zwei Gehörsempfindungen, und scheinen gar keine Neigung zu haben, sich zu einer Empfindung zu mischen, ja es scheint unter Umständen ein Schwanken der Wahrnehmung, ähnlich dem beim sogenannten Wettstreite der Sehfelder, Platz zu greifen.

Indem ich die Aufmerksamkeit der Fachgenossen auf diese Erscheinungen, welche eine eingehendere Untersuchung verdienten, lenke, erlaube ich mir nur noch zu bemerken, dass dieselben kaum leichter und einfacher als durch die Annahme fester Empfindungskreise für den Raumsinn zu erklären sein dürften.

§ 5. Theoretische Bemerkungen.

Man ist von verschiedenen Principien ausgegangen, um die Wahrnehmungen des Raumsinnes überhaupt, ferner die in verschiedenen

Regionen des Körpers verschiedenen Grade der Feinheit desselben, und endlich das Verschmelzen zweier gleichzeitiger, gleichartiger Eindrücke zu einer Empfindung, wenn dieselbe über ein nach den verschiedenen Hautregionen verschiedenes Maass sich einander nähern, zu erklären. Bekanntlich stehen sich gegenwärtig zwei differente Erklärungsversuche gegenüber, von denen der eine durch E. H. Weber, der andere durch Lotze und Meissner vertreten wird.

E. H. Weber[1]) nimmt gewisse feste geometrische Verhältnisse in der Anordnung der peripherischen Nervenverbreitung an, auf denen »sich Gestalten, Entfernungen und Bewegungen der wahrzunehmenden Körper gleichsam abbilden können« und »von denen die Seele gewissermaassen ein Bild im Gehirn haben würde, zusammengesetzt aus einer Anzahl von Raumelementen, deren jedes durch eine sensible Primitivfaser vertreten würde, so dass die Seele dann im Stande wäre, vermöge dieser bestehenden Einrichtung direct die die Haut treffenden Reize hinsichtlich ihres Ortes zu bestimmen, gleichsam abzulesen«.

Lotze[2]) hingegen, welchem Meissner folgt, leugnet die Existenz der festen Empfindungskreise überhaupt und die Existenz jener Anordnung, welche Weber den festen Empfindungskreisen gibt, insbesondere, denn nach ihm schliesst »die regelmässige räumliche Lage der einzelnen afficirten Nervenpunkte nicht die gleiche Nothwendigkeit ein, dass die Seele auch in ihren Empfindungen die entsprechende Form räumlicher Association wiederhole«, und lassen sich die Erfahrungen mit der von Weber angenommenen Anordnung der Empfindungskreise zum grossen Theile nicht in Einklang bringen.

Lotze ist der Meinung, dass sich die Erfahrungen »ohne die Annahme fester Empfindungskreise befriedigend nach dem Satze deuten lassen, dass zwei Empfindungen um so deutlicher geschieden werden, je differenter, um so undeutlicher, je identischer ihr qualitativer Inhalt sammt den Localgefühlen ist«.

Ich für meine Person bin der Meinung, dass keine der beiden Theorien vollkommend ausreichend und tadellos sei, dass vielmehr erst durch die Verschmelzung beider eine völlig stichhaltige und befriedigende Ansicht gewonnen werden könne.

Eine Verschmelzung des Brauchbaren beider Theorien ist aber nicht nur wünschenswerth, sondern, wie ich im Folgenden zeigen werde, in der That auch möglich.

[1] Wagner's Handwörterb. Art. »Tastsinn« und Berichte der kön. sächs. Ges. d. W. zu Leipzig. 1852, II, S. 85: »Ueber den Raumsinn«.

[2] Medicinische Psychologie 1852.

Dass man sich bei WEBER's Hypothese nicht beruhige könne geht, wie mir scheint, schon daraus hervor, dass WEBER eine Anordnung der Enden der sensitiven Nerven voraussetzt, welche durch den wirklichen anatomischen Befund nicht im Entferntesten gerechtfertigt oder auch nur wahrscheinlich gemacht wird; solche scharf abgegrenzt neben einander liegende Verästelungsgebiete der einzelnen Primitivfibrillen, oder etwas der Art, hat noch Niemand in der menschlichen Haut gesehen und vermittelst des Mikroskopes nachgewiesen[1].

Die LOTZE-MEISSNER'sche Hypothese ist aber eben so wenig stichhaltig, als die WEBER'sche, indem dieselbe gar nichts von festen Empfindungskreisen wissen will, — da doch ohne die Annahme einer Beziehung zwischen fixen, correspondirenden, geometrischen Verhältnissen an der Peripherie und im Centrum eine Erklärung gewisser Erfahrungen unmöglich ist: oder wie wollten LOTZE und MEISSNER im Sinne ihrer Ansicht die im § 3 niedergelegten Erfahrungen über das Verhältniss zwischen der Ab- und Zunahme der linearen Ausdehnung der Haut und der dadurch gesetzten Veränderung des Feinheitsgrades des Raumsinnes, auf eine ungezwungene Weise deuten? wie die in Folge des Wachsthumes eintretende Abstumpfung der Feinheit des Raumsinnes?

Ich wenigstens weiss diesen Einwürfen im Sinne der Auseinandersetzung MEISSNER's[2] nicht zu begegnen. Ja es will mir sogar scheinen,

[1] Vergl. MEISSNER's Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Haut. Leipzig 1853.

[2] A. a. O., S. 44: »Ein jeder Reiz, welcher die Haut an irgend einer Stelle trifft, wird nothwendig, mag er noch so beschränkt und fein sein, mehr als einen sensiblen Punkt treffen, da einerseits an vielen Hautstellen die sensiblen Punkte so nahe an einander gerückt sind, dass schon die Wirkung des Reizes in gerader, senkrechter Richtung ihrer mehrere treffen muss, und da andererseits neben dieser Wirkung auch eine in seitlicher Richtung, im Umkreis jener, stattfinden muss, gewissermaassen ein Zerstreuungskreis des Reizes gebildet wird. Bei der Einwirkung jedes Druckes, jedes Tastreizes also wird ein Complex von sensiblen Punkten erregt. Es ist nun kein Grund vorhanden anzunehmen, dass dies Verhältniss, welches immer stattfinden muss, nicht auch von Bedeutung für das Zustandekommen des Inhalts der entsprechenden Empfindung sein sollte; und so ist es denkbar, dass vielleicht die Erregung der Punkte, welche dem Zerstreuungs- oder Irradiationskreise eines Reizes angehören, in irgend welcher Weise für die Seele das Localzeichen des Reizes ausmacht, dessen eigener qualitativer Inhalt dann durch die Wirkung in gerader Richtung, durch die Erregung der Punkte, welche das Centrum des Irradiationskreises bilden, wahrgenommen würde. Ist es nun erlaubt anzunehmen, dass die Erregung einer bestimmten Zahl sensibler Punkte einen solchen Irradiationskreis, soferne er für die Seele das Localzeichen abgeben soll, bilden muss, so dass also dann wohl zu unterscheiden sein würde,

dass sich die Lotze-Meissner'sche Hypothese vergebens bemüht, die Verschiedenheiten der Genauigkeit der Ortsempfindung einfach durch die grössere oder geringere Zahl der sensiblen Punkte auf einer Hautstrecke von gegebener Grösse zu erklären. Denn wenn, wie Meissner sagt, an irgend einer Hautstelle »die Erregung von *a* Punkten erforderlich ist, um einen als physiologische Einheit functionirenden Irradiationskreis zu bilden«, so kann die Folge einer Abnahme der relativen Zahl der sensiblen Punkte offenbar nur die sein, dass die Bildung eines solchen aus *a* Punkten bestehenden Irradiationskreises *caeteris paribus* nicht mehr möglich ist, indem der »blos physikalische Zerstreuungskreis«, dessen Bedeutung Meissner ganz übersieht, nicht mehr die erforderliche Zahl von *a* Punkten, welche ja nun auf einer grösseren Fläche zerstreut stehen, als früher, während der Zerstreuungskreis noch immer denselben Durchmesser hat, erregen kann. (Vergl. Wiener med. Wochenschrift 1855 Nr. 30, S. 471).

Man begreift durchaus nicht, was es unter diesen Umständen helfen soll, wenn man zwei Reize, deren Irradiationskreise zusammen eine Hautstrecke einnehmen, wo nur *a* sensible Punkte sind und deshalb nicht gesondert empfunden werden, weiter von einander rückt, denn ihre Irradiationskreise können sich offenbar niemals aus je »*a*« verschiedenen Punkten zusammensetzen, somit niemals als gesonderte physiologische Einheiten functioniren, es sei denn, es vergrösserte sich ihr Durchmesser in einem der relativen Menge der sensiblen Punkte entsprechenden Verhältnisse. Sieht man aber von einer im obigen Sinne erforderlichen bestimmten Anzahl »*a*« von sensiblen Punkten ganz ab, und betont die »Verschiedenheit« derselben, dann hat man es streng genommen schon mit »bestehenden«, »festen« Einrich-

zwischen einem blos physikalischen Zerstreuungskreise, welcher nicht weiter in Betracht kommt (?!) und einem physiologischen Zerstreuungskreise, so wird sich ein directer Zusammenhang zwischen der Zahl der sensiblen Punkte auf einer Hautstrecke von gegebener Grösse und dem Grade der Feinheit der Gliederung der Localzeichen, oder der Zahl verschiedener Localzeichen, die dort entstehen können, ergeben. Ist die Erregung von *a* sensiblen Punkten erforderlich, um einen in obigem Sinne als physiologische Einheit functionirenden Irradiationskreis zu bilden, so werden die Irradiationskreise zweier Reize, welche innerhalb einer Hautstrecke erfolgen, wo nur *a* sensible Punkte sind, aus denselben sensiblen Punkten sich zusammensetzen und somit ein und dasselbe Localzeichen für beide Reize vermitteln, welche also nicht gesondert empfunden werden; sie werden erst gesondert wahrgenommen werden, wenn sie so weit von einander gerückt sind, dass ihre Irradiationskreise sich jeder aus *a* verschiedenen Punkten zusammensetzt, oder vielleicht wenigstens einen Theil der sie bildenden sensiblen Punkte verschieden haben«.

tungen zu thun, durch welche die Seele in den Stand gesetzt wird, die die Haut treffenden Reize hinsichtlich ihres Ortes zu bestimmen.

Und in der That, ich sehe nicht ein, was uns hindern sollte, feste Empfindungskreise, d. h. gewisse fixe Bezirke in der Haut anzunehmen, welche im Sensorium Raumeinheiten repräsentiren, so richtig es auch sein mag, wenn LOTZE lehrt: »Was für die Seele da sein soll, muss auf sie wirken; so wie nicht das Dasein eines Objectes, sondern nur der Druck oder Stoss, den es ausübt, eine Empfindung motivirt, so motivirt alle räumliche Lagerung und Nachbarschaft erregter Nervenenden nicht im aller Mindesten eine ähnliche Lagerung und Nachbarschaft der von ihnen erregten Empfindungen«.

»Alle diese räumlichen Verhältnisse zwischen den verschiedenen Erregungen des Körpers sind nur ein Material, das wahrgenommen werden kann, und dann wahrgenommen wird, wenn es einen Eindruck zu machen versteht, das jedoch so lange wie nicht vorhanden ist, als es nur vorhanden ist und jenen Eindruck nicht macht. — Für die Beurtheilung des anatomischen Baues der Sinnesorgane geht nun hieraus eine allgemeine Maxime hervor: finden wir irgendwo Veranstaltungen getroffen, um eine Vielheit äusserer Reize in geordneten geometrischen Verhältnissen auf das Nervensystem wirken zu lassen, so sind uns solche Einrichtungen als Andeutungen wichtig, dass die Natur aus jenen räumlichen Beziehungen etwas für das Bewusstsein zu machen beabsichtigt, an sich jedoch erklären sie Nichts, und es ist nothwendig, überall in den Sinnesorganen zugleich jene anderen Mittel aufzusuchen, durch welche die Lage der erregten Punkte noch neben ihrer qualitativen Erregung auf die Seele zu wirken vermag«.

Hiernach wird man zwar zugeben müssen, dass die festen Empfindungskreise »an sich Nichts erklären«, allein man ist weder berechtigt noch genöthigt, dieselben zu leugnen. LOTZE hat durch die aus seinen Grundanschauungen mit Nothwendigkeit sich ergebenden Folgerungen — das Princip der festen Empfindungskreise keineswegs widerlegt, sondern nur gezeigt, dass dieses Princip einer höheren Begründung bedarf. Statt nun zu versuchen, diese höhere Begründung zu geben und die willkürlichen und ungenügenden Annahmen WEBER's zu modificiren, hat LOTZE die ganz neue Theorie eines »abgestuften Systems von Localzeichen« in der Meinung aufgestellt, »die Localisation der Empfindungselemente in der räumlichen Anschauung« nun besser, d. h. wirklich erklären zu können. Allein bei Lichte besehen, ist es nicht zu leugnen, dass LOTZE mit seiner Theorie der Localzeichen im Grunde eben so wenig oder eben so viel erklärt wie

WEBER, wenn er sagt, dass »die Empfindung, die ein jeder Empfindungskreis hervorbringt, in uns die Vorstellung von einem Raumelemente erweckt«, und dass »die dunkle Erinnerung, wie viel unberührte Empfindungskreise (auf welchen wir schon oft Empfindungen gehabt haben), zwischen den berührten Empfindungskreisen der Haut liegen, in uns die Vorstellung von einem Zwischenraum erweckt, der um so grösser zu sein scheint, je mehr unberührte Empfindungskreise von dem Zirkel überspannt werden«; — denn »gesetzt auch, der Seele werde mit jeder qualitativen Empfindung zugleich jenes Localzeichen zugeführt, das nun bestehen möge, worin es wolle, ist es nicht dennoch eine Erschleichung«, wenn LOTZE behauptet, »dass sie hierdurch allein befähigt und genöthigt würde, ihre Empfindungen nicht nur überhaupt auseinander zu halten, sondern sie auch räumlich von einander zu scheiden?«

Diese Frage muss man meiner Ansicht nach ohne Rückhalt vollständig (nicht nur zum Theil, wie LOTZE will) bejahen. »Zwar, dass das Bewusstsein jene Empfindungen, welche sich mit verschiedenen Localzeichen associirt haben, überhaupt aus einander halten müsse, dürfen wir als gewiss ansehen; aber allerdings würde ihre Unterscheidung ja noch immer in jener intensiven Weise erfolgen können, in welcher wir die gleichen Töne von verschiedenem Timbre wahrnehmen, sie aus einander haltend zwar, aber doch nicht so, dass ihre Unterschiede als räumliche Distanzen erschienen«.

Es ist vergebens, wenn LOTZE diesem vernichtenden Einwurf, welchen er sich übrigens selbst macht, durch Folgendes begegnen will: »Sind einmal alle geometrischen Verhältnisse, welche zwischen den Theilen der äusseren Reize und noch zwischen den ihnen entsprechenden Eindrücken im Nerven bestanden, in dem blos intensiven Dasein verschwunden, welches den Vorstellungen in der Seele allein zukommt, und sollen sie aus diesem reconstruirt werden, so müssen an den einzelnen Empfindungen intensive Merkzeichen angebracht sein, welche die Lage ihrer Objecte im Raume vertreten, und aus welchen die Seele die räumliche Ordnung wieder herstellen kann. Hierzu allein sollen jene Localzeichen dienen«. Denn hat LOTZE durch seine Theorie der Localzeichen nicht mehr thun wollen und zu thun geglaubt, als überhaupt die Nothwendigkeit intensiver Erregungen bei der Ueberleitung geometrischer Verhältnisse zur Seele behufs räumlicher Anschauungen zu urgiren; so hätte er sich begnügen können, einfach darauf hinzuweisen, dass eine Anschauung der wirklichen Lage äusserer Objecte nicht auf dem Wege der »Auffassung«, sondern nur auf dem der »Wiedererzeugung der Räumlichkeit« vermittelt

werden könne, und dass die räumliche Lagerung und Nachbarschaft der durch die festen, in bestimmter Weise angeordneten Empfindungskreise vermittelten Erregungen, einen Eindruck auf die Seele zu machen versteht, und so auf eine freilich bisher unerklärbare Art eine ähnliche Lagerung und Nachbarschaft der von ihnen gesetzten Empfindungen motivirt.

Ich halte mich nach den vorausgeschickten Bemerkungen für berechtigt, in einer neu zu formulirenden Theorie des Raumsinnes der Haut, einerseits an der Existenz der fixen Empfindungskreise, welche ich freilich anders definire als Weber, nach welchem Empfindungskreis und Verästelungsbezirk einer Primitivfibrille identisch sind, festzuhalten, andererseits aber auch die aus Lotze's Grundanschauungen nothwendig sich ergebende Forderung intensiver Localzeichen aufzunehmen und zu berücksichtigen.

Meine, die Ansichten Lotze's und Weber's vermittelnde Hypothese würde sich folgendermaassen gestalten.

Jede einzelne Nervenfibrille hat ein gewisses Verästelungsgebiet in der Haut, und es liegen diese zahllosen Verästelungsgebiete nicht scharf begrenzt neben einander, wie Weber meint, sondern greifen vielfach in einander ein, d. h. sie decken sich zum Theil, so zwar, dass es fast keine Bezirke in der Haut gibt, welche nur von einer einzigen Primitivfibrille versorgt würden, und dass die Haut nirgends von einem Reize getroffen werden kann, er sei noch so fein und beschränkt, ohne dass hierdurch eine Summe von Nervenfibrillen erregt würde.

Trotz der Erregung mehrerer Nervenfibrillen durch einen einfachen und beschränkten Reiz entsteht aber, wie die Erfahrung lehrt, doch auf keiner Hautstelle eine vielfache Empfindung, selbst mehrere gleichzeitige und gleiche Reize, ja sogar heterogene Reize (vergl. § 4) verschmelzen zu einer räumlich untrennbaren Wahrnehmung, wenn dieselben über ein nach den verschiedenen Hautregionen verschiedenes Maass einander genähert sind. Man kann also überall in der Haut Bezirke von bestimmter Grösse und Gestalt nachweisen und vermittelst eines Zirkels messen und umschreiben, innerhalb welcher eine räumliche Trennung und Unterscheidung zweier oder mehrerer Eindrücke nicht mehr möglich ist. Diese Bezirke nun nenne ich Empfindungskreise. Jede Nervenfibrille gibt nämlich der durch sie vermittelten Empfindung ein besonderes Localzeichen mit, das ein Glied eines stetig abgestuften Systems ist, welches System in directer, vorläufig nicht näher erklärbarer Be-

ziehung steht zu den fixen, correspondirenden, geometrischen Verhältnissen der centralen und der peripherischen Nervenenden.

Je weiter im Allgemeinen die Verästelungsgebiete zweier Fibrillen aus einander liegen, desto differenter sind die ihnen eigenthümlichen Localzeichen, während Fibrillen, deren Verästelungsgebiete hart an einander stossen oder gar in einander übergreifen, fast gleiche oder nur sehr wenig differente Localzeichen vermitteln. Doch hängt der Unterschied der Localzeichen verschiedener Fibrillen nicht etwa lediglich von dem Verhältnisse ihrer peripherischen Verästelungsgebiete ab, sondern auch und zwar wesentlich von gewissen bisher noch unbekannten Anordnungen in den Centralorganen. Jede einzelne jener Primitivfibrillen, welche sich innerhalb eines Empfindungskreises verästeln, gibt zwar der durch sie vermittelten Empfindung ein ihr eigenes Localzeichen mit, allein dieses unterscheidet sich so wenig von den Localzeichen jeder anderen zu demselben Empfindungskreise gehörigen Fibrille, dass die in Folge eines oder mehrerer innerhalb der Grenzen eines Empfindungskreises applicirten Reize erregten Empfindungen unaufhaltsam in eine räumlich einheitliche Wahrnehmung zusammenfliessen müssen. Jeder Empfindungskreis repräsentirt daher im Sensorium eine zusammengesetzte Raumeinheit — ein Raumelement höherer Ordnung. Das, was ich die den einzelnen Fibrillen eigenthümlichen Localzeichen genannt habe, entspricht gewissermaassen dem WEBER'schen Begriff eines Empfindungskreises; während Das, was ich unter »Empfindungskreis« verstehe, insofern mit MEISSNER'S »physiologischen Zerstreuungs- oder Irradiationskreis« zusammenfällt, als beide in unserer Vorstellung eine Raumeinheit repräsentiren, darin aber wesentlich sich unterscheidet, dass jeder meiner Empfindungskreise einen fixen Complex von sensiblen Punkten, welche in unbestimmter beliebiger Anzahl erregt, immer ein gewisses Raumelement repräsentiren, umfasst, während die Erregung einer »bestimmten Zahl sensitiver Punkte« einen MEISSNER'schen Irradiationskreis »so fern er für die Seele das Localzeichen abgeben soll, erst bilden muss«.

Was die Anordnung der Empfindungskreise in der Haut betrifft, so muss man sich dieselbe erfahrungsgemäss unter dem Bilde von unendlich vielen Kreisen oder Ellipsen denken, welche bestimmte Durchmesser haben und sich interferiren, d. h. sich zum Theile (und zwar zum grössten) decken (vergl. Taf. 18, Fig. 23), denn versucht man die Empfindungskreise vermittelst des Zirkels in bekannter Weise zu bestimmen und mit Tusche graphisch auf der Haut darzustellen, so findet man leicht, dass die Mittelpunkte derselben die

ganze Hautfläche stetig erfüllen[1]). Jeder sensible Hautpunkt gehört daher vielen Empfindungskreisen an, nimmt aber in jedem derselben eine andere relative Lage zum Mittelpunkte ein. In so weit die Empfindungskreise dieselben sensiblen Punkte gemeinschaftlich umfassen — sich decken, in so weit fallen auch die durch diese Empfindungskreise repräsentirten Raumeinheiten zusammen, so dass in uns die Vorstellung eines nach zwei Dimensionen des Raumes ausgedehnten Continuums erweckt wird.

[1] Ich habe schon vor mehr als 6 Jahren den Gedanken an eine Interferenz der Empfindungskreise ausgesprochen und für die Theorie des Raumsinnes zu verwerthen gesucht (»Ueber die Hautnerven des Frosches«, Müll. Arch. 1849, S. 252). Damals hielt ich mich noch ganz an die WEBER'schen Begriffsbestimmungen, und meine Bemerkungen sollten nur ein Amendement der WEBER'schen und keine neue Hypothese sein. WEBER aber hat sich nicht die Mühe genommen, das Wort »interferiren« in dem von mir gebrauchten Sinne zu verstehen und geglaubt, durch folgende Verdrehung des Sinnes meiner Worte das unbequeme Amendement mit einem, auf eine nichtssagende Phrase gestützten Machtspruch zu vernichten. WEBER sagt (l. c. »Ueber den Raumsinn« Seite 118): »Verstehe ich dieses Wort (das sich Interferiren der Empfindungskreise) richtig, so meint er (ich) die Empfindungskreise grenzten nicht blos an einander, sondern sie deckten sich zum Theil und an den Orten, wo sie sich deckten, störten (?!) sich die daselbst ausgebreiteten Nerven einander in ihrer Function, so dass man dort keine scharfen räumlich unterscheidbaren Eindrücke erhalten könnte. Allein es ist nicht anzunehmen, dass die Nerven sich so verbreiten, dass sie sich gegenseitig stören (!) und in ihren Wirkungen vernichten!«

Ich halte jede Erwiederung hierauf nunmehr für überflüssig, da ich überzeugt bin, dass WEBER bei genauerer Ueberlegung das Missverständniss, das seinen sonst so klaren Blick nur in einem Moment einer (übrigens unerklärbaren) Gereiztheit trüben konnte, längst selbst erkannt und bei sich berichtigt habe und ferner, dass er nicht mehr geneigt sein kann, einerseits die durch keine anatomische Thatsache gestützte Annahme scharf begrenzt neben einander liegender Verästelungsgebiete der Primitivfibrillen noch festhalten, andererseits das factische Zusammenfliessen seiner Empfindungskreise zu höheren Raumeinheiten, — den von mir so genannten Empfindungskreisen, und deren auf dem Wege des Experimentes exact nachweisbaren Interferenz leugnen zu wollen.

Schliesslich bemerke ich, dass nur KÖLLIKER (Mikr. Anatomie. 1850, Bd. II, 1. Hälfte, Seite 36—43) den von mir zuerst ausgesprochenen Gedanken an eine Interferenz der Empfindungskreise richtig gewürdigt und verwerthet hat, obschon er eine meiner damaligen Voraussetzungen, welche ich jetzt nicht mehr festhalte, missverstanden, aber nicht wie MEISSNER zu glauben scheint (l. c. Seite 41) widerlegt hat. Wenn KÖLLIKER übrigens sagt (l. c. Seite 40): »man müsste die Empfindungskreise WEBER's gewissermaassen ins Rückenmark an die Enden der eigentlichen Rückenmarksfasern von VOLKMANN verlegen, dieselben ebenfalls verschieden gross annehmen und mit CZERMAK sich interferiren lassen«, so hatte er offenbar eine Ahnung von den von mir charakterisirten Empfindungskreisen und ich kann daher nicht zweifeln, dass sich KÖLLIKER meiner vermittelnden Hypothese völlig anschliessen wird.

Es sind hiermit die bestimmten Zahlen- und Raumverhältnisse in der Anordnung des Nervensystems zu »Qualitäten der Reize« geworden, deren Localitäten sie zur Wahrnehmung bringen, und so wird denn unser intensives Raumbild mit den verschiedenen Tast-, Druck- und Temperatur-Empfindungen gefüllt, womit jedoch nicht gesagt sein soll, dass wir unsere Empfindungen in ein uns schon von vornherein bekanntes, a priori gegebenes Raumschema eintragen.

Jede durch die Reizung eines einzigen oder beliebig vieler sensiblen Punkte erregte Empfindung nimmt eine bestimmte Stelle unseres Raumbildes ein. Die völlige räumliche Trennung und Unterscheidung zweier gleichzeitiger Empfindungen, welche durch zwei benachbarte Reize erweckt werden, kann aber erst dann stattfinden, wenn in uns die Vorstellung eines Zwischenraumes zwischen den Localitäten jener beiden Empfindungen entsteht. Dieser Zwischenraum kann uns leer oder gefüllt, gross oder klein, verschwindend klein erscheinen, wir müssen aber eine Vorstellung von ihm haben, wenn wir zwei Empfindungen räumlich getrennt wahrnehmen wollen. Der hierzu nöthige Abstand der Reize von einander auf der Haut muss daher wenigstens so viel betragen, dass jeder von ihnen solche sensible Punkte erregt, welche nicht zu demselben Empfindungskreise oder zu, in grösster Ausdehnung sich interferirenden Empfindungskreisen gehören.

Nach meiner Ansicht genügt es also nicht, dass, wie MEISSNER sagt, »die beiden Reize so weit aus einander gerückt werden, dass ihre physiologischen Irradiationskreise sich jeder aus *a* verschiedenen Punkten zusammengesetzt oder vielleicht wenigstens einen Theil der sie bildenden sensiblen Punkte verschieden haben«, sondern diese verschiedenen Punkte dürfen überdies auch nicht innerhalb eines und desselben Empfindungskreises liegen, — denn es existirt ein directer Zusammenhang zwischen der Zahl der sensiblen Punkte auf einer Hautstrecke von gegebener Grösse und dem Grade der Feinheit der Gliederung der Localzeichen oder der Zahl verschiedener Localzeichen, die dort erstehen können«, nicht in der Weise, wie MEISSNER will, dass »die Erregung einer bestimmten Zahl sensibler Punkte einen Irradiationskreis, sofern er für die Seele das Localzeichen abgeben soll, bilden muss«, sondern in der Art, dass an Orten, wo die relative Menge der sensiblen Punkte grösser ist, zugleich in Folge gewisser fixer, correspondirender, geometrischer Verhältnisse in der Peripherie und im Centrum auch die Empfindungskreise kleinere Durchmesser haben, und *vice versa*.

Für die Bildung des aus den Localzeichen der einzelnen erregten

Nervenfibrillen resultirenden Localzeichens höherer Ordnung — des »als physiologische Einheit functionirenden Irradiationskreises« MEISSNER's ist eben nicht die Zahl der gereizten sensiblen Punkte, welche ja auch in so ferne zufällig ist, als sie von dem Durchmesser des physikalischen Zerstreuungskreises abhängt, das Wesentliche, sondern die Stellung der den einzelnen Nervenfibrillen, welche durch den Reiz getroffen sind, eigenthümlichen Localzeichen in dem stätig »abgestuften System der Localzeichen«, welches, den Ausdruck der Feinheit seiner Gliederung in dem Durchmesser der fixen, von mir so genannten Empfindungskreise findend, auf eine freilich bisher unerklärbare Weise durch gewisse correspondirende Anordnungen in dem peripherischen und centralen Nervensysteme bedingt ist[1]. Die erforderliche Grösse des Abstandes zweier benachbarter Reize von einander auf der Haut, wenn sie räumlich getrennt empfunden werden sollen, hängt also wesentlich ab:

1. von der Grösse des Durchmessers der Empfindungskreise der betreffenden Hautstelle, denn der Abstand kann unter gewöhnlichen Umständen nicht kleiner sein als der Durchmesser eines Empfindungskreises;

2. von der Grösse der »physikalischen Zerstreuungskreise« der Reize, denn je grösser der Durchmesser derselben ist, desto weiter muss man die Reize von einander entfernen, soll ein ganzer Empfindungskreis oder mehr zwischen beiden völlig unberührt bleiben; und

3. von der Uebung und Aufmerksamkeit des Individuums, denn nach diesen subjectiven Momenten richtet sich die Grösse des die Empfindungen trennenden Zwischenraumes, welche erforderlich ist, damit das Individuum denselben wahrzunehmen im Stande sei; hierin liegt zugleich die Möglichkeit einer Ausbildung und Verfeinerung des Raumsinnes.

Die bisher mitgetheilten Erörterungen haben wohl meine die

[1] Hiermit werden sich LOTZE und MEISSNER schliesslich einverstanden erklären können und müssen, da einerseits ihrer Forderung »intensiver Localzeichen« Genüge geschieht und da sie andererseits gegen meine Hypothese und zu Gunsten ihrer Anschauungsweise nicht geltend machen dürfen, dass die erstere ein Erklärungsversuch sei, der eigentlich Nichts erkläre, und zwar aus dem einfachen Grunde nicht, weil ihre Anschauungsweise, wie oben nachgewiesen wurde, ebenso wenig erklärt als die meine — mit dem Unterschiede jedoch, dass ich die Erklärung gewisser Grundverhältnisse offen als (für jetzt und vielleicht für immer) unmöglich bezeichne, während sie dieselben zwar ebenso wenig geben, sondern durch eine Erschleichung höchstens vortäuschen können, und ferner, dass sich wohl mit meiner, aber nicht mit ihrer Hypothese die Resultate aller Experimente etc. auf die ungezwungenste Weise in Einklang bringen lassen.

beiden Eingangs charakterisirten Anschauungen vermittelnde, so zu sagen eklektische Theorie des Raumsinnes der Haut überhaupt und ihr Verhältniss zu den beiden anderen Theorien klar genug auseinandergesetzt, so dass ich, ohne Missverständnisse befürchten zu müssen, mich der Mühe überheben darf, auf weiteres Detail, welches mit Nothwendigkeit aus den gegebenen Prämissen fliesst, einzugehen.

Ich erlaube mir nur noch hervorzuheben, dass sich im Sinne meiner Hypothese die Resultate aller bisher bekannten Experimente so weit, als sie überhaupt erklärbar sind, auf die einfachste Weise erklären lassen, und dass meine Hypothese mit keiner der anatomischen Thatsachen, welche die neuesten mikroskopischen Untersuchungen der Tastorgane festgestellt haben, im Widerspruche steht.

Aus diesen Gründen schmeichle ich mir mit der Hoffnung, dass es meinen Bemühungen gelungen sein dürfte, die unserem gegenwärtigen Wissen allein entsprechende Theorie des Raumsinnes der Haut angebahnt zu haben, mit welcher auch Lotze, Meissner und Weber um so eher übereinstimmen können, als sie so viel von ihren eigenen Gedanken in derselben finden werden, dass sie gerade nur das absolut Unhaltbare ihrer früheren Ansichten aufzugeben brauchen.

Es ist wohl beinahe überflüssig, ausdrücklich daran zu erinnern, dass nach der von mir entwickelten Theorie so manches des in den früheren §§ Mitgetheilten eine Modification erleiden und in anderem Lichte erscheinen müsse, allein ich thue es doch, um mich nicht dem Vorwurfe auszusetzen, selbst etwa diesen Umstand übersehen zu haben.

Um nur Eins speciell anzuführen, weise ich darauf hin, dass durch die in § 3 vorgeschlagenen Messungen nicht ein Theil des Durchmessers der Weber'schen Empfindungskreise gemessen wird, sondern *mutatis mutandis* eigentlich ein Theil des Halbmessers des »blos physikalischen Zerstreuungskreises«, wobei es offenbar keinen Fehler, wohl aber eine verschiedene Annäherung an die Wirklichkeit verursachen würde, wenn die Grösse dieses Halbmessers *caeteris paribus* von den Spannungs- und Erschlaffungszuständen der Haut geändert wird oder nicht.

§ 6. Ueber das »Verkehrtfühlen«.

Bei der Erörterung des bekannten Versuches, wo man mit gekreuzten Fingern zwei Kügelchen statt Eines zu fühlen glaubt, hat man, so weit mir bekannt ist, immer nur diese Täuschung des Doppeltfühlens eines in der That nur einfachen Tastobjectes hervorgehoben,

eine andere, nicht minder interessante Seite des Versuches jedoch fast ganz übergangen. Ich meine eine schon bei geringer Aufmerksamkeit leicht zu constatirende Erscheinung, welche ich das »Verkehrtfühlen« nennen möchte.

Stellt man nämlich den Versuch mit den gekreuzten Fingern der rechten Hand an, und hat das vermeintliche Doppeltfühlen des einfachen Tastobjectes einen hinreichend hohen Grad von Illusion erreicht (die Täuschung tritt bekanntlich mit wechselndem Deutlichkeitsgrade auf, ja sie kann sogar ganz verschwinden, wenn man sich die ungewöhnliche Lage der Finger vergegenwärtigt und in Rechnung bringt), so wird man finden, dass das rechts erscheinende Tastbild von dem Eindrucke der linken Seite des Tastobjectes auf den links liegenden Ulnarrand des Mittelfingers, das links erscheinende Tastbild hingegen von dem Eindrucke der rechten Seite des Tastobjectes auf den rechts liegenden Radialrand des Zeigefingers bedingt ist. Denken wir uns das einfache Kügelchen in zwei neben einander liegende, ein rechtes und ein linkes zerschnitten, so ist es hiernach selbstverständlich, dass im Tastbilde das rechte Kügelchen links, das linke rechts erscheinen müsse, dass wir somit das Nebeneinander der Tastobjecte in verkehrter Ordnung wahrnehmen, dass wir mit einem Worte »verkehrt fühlen«.

Da es immerhin einige Schwierigkeiten — wenigstens Unbequemlichkeiten hat, die von mir hervorgehobenen Erscheinungen, bei der Kreuzung zweier Finger hervorzurufen und genau zu beobachten, so habe ich nach anderen Organen gesucht, an welchen sich mit grösserer Leichtigkeit die zu dem Versuche erforderliche Verschiebung der Anordnung der peripherischen Tastnerven bewerkstelligen liesse, und bin auf den Gedanken verfallen, mit den leicht verschiebbaren und durch einen sehr feinen Ortssinn ausgezeichneten Lippen zu experimentiren. An den Lippen gelingen die Versuche in der That mit grösster Leichtigkeit und überraschendster Klarheit. Die Ränder der Lippen verhalten sich auf ähnliche Weise, wie die in der gewöhnlichen Fingerstellung einander zugekehrten Ränder der Finger. Schliesst man unbefangen den Mund, so berühren sich die rothen Ränder der Lippen ihrer ganzen Länge nach mit gleichnamigen, correspondirenden Punkten (vgl. Taf. 18, Fig. 24) und bilden ein sensibles Continuum, wie wenn die Mundspalte gar nicht vorhanden wäre. Die Form, Lage und Entfernung der Tastobjecte, welche die Lippen berühren, werden den objectiven Verhältnissen vollkommen entsprechend wahrgenommen. Drückt man ein Wachskügelchen oder das abgerundete Ende eines Federhalters in die Mundspalte, so dass die Lippen an correspondiren-

den Punkten berührt werden, so bezieht man die beiden Eindrücke — — je nachdem das Object tiefer oder weniger tief in die Mundspalte eingedrungen ist — entweder auf ein einziges Tastobject oder man nimmt zwei getrennte, senkrecht zur Mundspalte über einander liegende Eindrücke wahr.

Werden aber die Lippen an einander verschoben, indem man die eine derselben nach rechts, die andere nach links zieht, oder indem man nur die Eine der Lippen auf diese Art dislocirt, — so dass sich nun solche Punkte der Lippen berühren und einander gegenüber liegen, welche bei natürlicher Lippenhaltung nicht correspondiren (vgl. Taf. 18, Fig. 25), dann entspricht auch die Auffassung der Gegenstände, welche sich auf den Lippen gleichsam abbilden, den objectiven Verhältnissen nicht mehr.

Zwei in senkrechter Richtung zur Mundspalte auf die nun einander gegenüberliegenden Punkte der Lippen angebrachten Eindrücke erscheinen im entgegengesetzten Sinne zur Verschiebung der Lippen gegen einander seitlich verschoben.

Hat man die Oberlippe nach rechts, die Unterlippe nach links verschoben, so scheint uns der obere der beiden, objectiv senkrecht über einander stehenden Eindrücke links, der untere aber rechts zu liegen. Der Zwischenraum, welcher diese beiden Eindrücke in der Vorstellung trennt, kommt uns, *caeteris paribus* um so grösser vor, je weiter die getroffenen Punkte der Lippen bei der natürlichen Lage derselben in querer Richtung aus einander liegen.

Berührt man hingegen zwei sogenannte correspondirende Punkte der nach rechts dislocirten Ober- und der nach links dislocirten Unterlippe, so nimmt man die beiden Eindrücke als senkrecht zur Mundspalte übereinanderstehend wahr, obschon die die beiden Berührungspunkte verbindende Gerade nicht senkrecht zur Mundspalte steht, sondern eine der Grösse der Dislocation entsprechende Neigung von oben und rechts nach unten und links besitzt.

Werden endlich die Eindrücke so angebracht, dass die Neigung der die Berührungspunkte verbindenden geraden Linie, zwischen der Neigung, welche erforderlich ist, damit die Eindrücke sogenannte correspondirende Lippenpunkte treffen, und der zur Mundspalte Senkrechten steht — so muss das »Verkehrtfühlen« eintreten, indem dann der rechts liegende obere Eindruck in der Vorstellung links liegend, und der links angebrachte untere Eindruck rechts liegend erscheint. Man bedient sich zu diesen Versuchen am Besten eines Zirkels mit gedeckten Spitzen, nachdem man mehrere der bei natürlicher Stellung

der Lippen einander gegenüberliegenden, sogenannten correspondirenden Punkte mit Tusche oder Tinte bezeichnet hat.

Hat man die Lippen in der angegebenen Weise dislocirt und drückt man nun wie früher ein Wachskügelchen oder das abgerundete Ende eines Federhalters in die Mundspalte, so beobachtet man natürlich auch hier — wie bei dem Versuche mit gekreuzten Fingern — das sogenannte »Doppeltfühlen«, indem das einfache Tastobject deutlich doppelt vorhanden zu sein scheint. Bemerkenswerth ist dabei aber der Umstand, dass diese Täuschung g a n z v e r s c h w i n d e t, wenn man das Tastobject so weit zwischen die Lippenränder versenkt, dass es dieselben g a n z u m g r e i f e n. Unter diesen Bedingungen werden wir uns nämlich der ungewöhnlichen Lage und Stellung der Lippenränder bewusst und bringen die Verschiebung derselben in Rechnung, wodurch offenbar jede Veranlassung zu einer Täuschung wegfallen muss.

Ich kann diesen Gegenstand unmöglich verlassen, ohne seine Bedeutung für das Problem des »Aufrechtsehens« hervorgehoben zu haben. In der erörterten Erscheinung des künstlich herbeigeführten »Verkehrtfühlens« der Haut findet nämlich die natürlich bedingte Beziehung, welche zwischen der Lage der erregten Netzhautpunkte und der scheinbaren Lage der Bilder im Raume besteht, in gewisser Hinsicht ihr A n a l o g o n.

Sollte es nun nicht nahe liegen und zu rechtfertigen sein, diese analogen Erscheinungen auch von analogen Einrichtungen und Verhältnissen des Nervensystems bedingt und abhängig zu denken?

Ich behalte es mir vor, auf die Beantwortung dieser Frage später einmal näher einzugehen.

§ 7. Ein Phorolyt für den Tastsinn.

Ich bin auf den, meines Wissens bisher noch nirgends ausgesprochenen und ausgeführten Gedanken verfallen, ein Phorolyt zu construiren, welches dem Tastsinne in ähnlicher Weise Bewegungen v o r t ä u s c h e n soll, wie die bekannte »Wunderscheibe« dem Gesichtssinne. Ein Tastphorolyt — (*sit venia verbo!*) — kann von doppelter Art sein, da nämlich die Möglichkeit vorhanden ist, entweder durch Berührung oder durch eine bestimmte Temperatur auf die Haut einzuwirken. Einen Apparat der ersten Art habe ich durch den Mechaniker des physiologischen Institutes, Herrn DURST, folgendermaassen construiren lassen:

Auf einer grossen um eine vertikale Axe drehbaren hölzernen

Scheibe, nahe am Rande derselben wurden in gleichen Abständen 12 kleine Stäbchen befestigt, von denen das erste mit der Richtung des ihm entsprechenden Radius der Scheibe zusammenfiel, während jedes der übrigen Stäbchen eine solche Stellung zu dem betreffenden Radius einnahm, als ob es immer um $^1/_{12}$ eines Kreises um seinen im Radius liegenden Halbirungs- oder Mittelpunkt in diesem oder jenem Sinne weiter gedreht worden wäre, als sein unmittelbarer Vorgänger (vergl. Taf. 16, Fig. 27, *B*, *B*, *B* . . . *B*). In der Nähe des Randes dieser die Tastobjecte tragenden Scheibe war eine grosse, in verticaler Richtung bewegliche Klemme (Taf. 16, Fig. 28, *a b c d*) angebracht, durch welche die flache Hand ganz hindurch geschoben und in einer solchen Lage eingespannt werden konnte, dass sie über den Tastobjecten schwebte und, je nachdem sich der Vorderarm hob oder senkte, die oben erwähnten Stäbchen berührte oder nicht. Diesen Hebelbewegungen des Vorderarmes folgt natürlich jene Klemme, in der die Handwurzel eingespannt ist. Nun verbindet aber die Klemme und die verticale Axe der Tastscheibe ein einfacher Mechanismus (s. die Erklärung der Fig. 27—28) in der Art, dass bei jeder Hebung des Armes die Tastscheibe genau um $^1/_{12}$ eines Kreises in bestimmter Richtung weiter gedreht wird, während dieselbe bei jeder Senkung des Armes ruhig stehen bleibt. Es ist nun leicht einzusehen, dass, wenn alles so gestellt ist, dass die flache Hand gerade eines der Stäbchen berührt, nach 12 Hebungen und Senkungen des Armes sämmtliche Stäbchen der Reihe nach von der tastenden Hand berührt worden sein müssen und endlich dieselben Verhältnisse, welche vor aller Bewegung bestanden haben, sich wieder herstellen. Auf der tastenden Handfläche aber haben sich hierbei in mehr oder weniger rascher Aufeinanderfolge die Stäbchen in ihrer relativen Lage und Stellung gleichsam abgebildet, und der Beobachter, welcher immer ein und dasselbe Stäbchen betastet zu haben glaubt, ist der Meinung, dass sich ihm dieses Stäbchen unter der Hand in bestimmter Richtung um seinen Halbirungs- oder Mittelpunkt ein Mal herumgedreht habe, indem er die wahrgenommenen Stellungen der Stäbchen als Phasen einer Kreisbewegung an einander reiht und auf ein und dasselbe Object bezieht.

Es versteht sich von selbst, dass man mit dem beschriebenen Apparate die verschiedenartigsten Pendel-, Kreis- etc. Bewegungen zur Darstellung bringen könnte. Das gewählte Beispiel reicht jedoch in wissenschaftlicher Beziehung vollkommen hin.

Ich habe mit meinem Apparate, welcher sich gegenwärtig im Besitze des physiologischen Institutes befindet, in der hiesigen Blinden-

anstalt Versuche angestellt und zu meiner nicht geringen Genugthuung bemerkt, dass die herangezogenen Blinden, welche doch gewiss ganz unbefangene Beobachter waren, eine Bewegung, und bei näherem Befragen richtig die von mir beabsichtigte und erwartete Bewegung des Stäbchens wahrgenommen zu haben einstimmig behaupteten. Doch darf man die durch diesen Apparat hervorzubringende Täuschung nicht etwa für so zwingend und überwältigend halten wie jene, welche das Phoroskop veranlasst, denn die wahrgenommene scheinbare Bewegung des Stäbchens kann keine continuirliche sein und muss sich in der Empfindung sehr wesentlich von einer Drehbewegung unterscheiden, welche dadurch hervorgebracht würde, dass man ein Stäbchen, das die Hohlhand ununterbrochen berührte, um seinen Halbirungspunkt rotiren liesse.

Eine der Wirkung des Phoroskops vollkommen analoge Täuschung könnte für den Tastsinn nur durch einen Apparat der zweiten oben erwähnten Art bewerkstelligt werden, vermittelst welches nämlich statt des Drucksinnes, der unmittelbare Berührung verlangt, der Temperatursinn, auf welchen man, durch strahlende Wärme z. B., aus der Entfernung einwirken kann, erregt würde.

Die strahlende Wärme verhält sich zur Haut in ähnlicher Weise wie das Licht zur Retina. Es lässt sich daher ohne Zweifel eine Art Camera obscura mit Steinsalzlinsen construiren und vor der Haut anbringen, vermittelst welcher durch die Wärmestrahlen Punkte, Linien, Figuren und Bewegungen ganz in derselben Weise auf der Haut dargestellt werden könnten, wie dies vermittelst des optischen Apparates des Auges auf der Retina durch Lichtstrahlen geschieht.

Dies zugegeben, wird man auch die Möglichkeit eines dem Phoroskop vollkommen analogen Apparates für den Tastsinn nicht leugnen dürfen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 14—18.

Fig. 1 und 2. Diese beiden Constructionen erläutern, warum die Zerstreuungskreise, welche ein in der vorderen Focalebene (*F*) oder diesseits dieser Focalebene, in der Verlängerung der Sehaxe liegender leuchtender Punkt *c* auf die Retina wirft, an Grösse zunehmen, wenn das Diaphragma von dem für die Ferne accommodirten Auge entfernt wird (*D*), dagegen abnehmen, wenn das Diaphragma dem Auge näher steht (*D'*). Dieses Verhältniss gilt jedoch nur für *c* und die in bestimmtem Umkreise um die Sehaxe gelegenen Leuchtpunkte.

Fig. 3 ist bereits im Texte weitläufig besprochen.

Fig. 4 versinnlicht, wie sich beim Stereoskopiren und zwar beim Stereoskopiren mit einem WHEATSTONE'schen Spiegelstereoskop der Convergenzwinkel der Augenaxe in grösserem Verhältnisse ändert, als der Accommodationszustand der Augen. *mn* und *no* sind die unter einem rechten Winkel zusammenstossenden Planspiegel; *op* und *mq* sind die die stereoskopischen Bilder (*ABC* und *A'B'C'*) tragenden Seitenwände des Stereoskops. *A''B''C''* und *A'''B'''C'''* geben die scheinbare Lage der Spiegelbilder an. Wird der Punkt *B''* und *B'''* fixirt, so schneiden sich die Sehaxen unter dem grösseren Winkel *x*, werden die Punkte *A''* und *A'''* oder *C''* und *C'''* fixirt, so schneiden sich die Sehaxen unter dem kleineren Winkel *y*, während die Augen (*L* und *R*) in beiden Fällen für die Entfernung der Ebene *A'''C''* accommodirt bleiben.

Fig. 5, 6 und 7 sind von CRAMER entlehnt und stellen die Projection eines gläsernen Cylinders dar. In Fig. 5 sind alle Linien von gleicher Stärke, in Fig. 6 ist der rechte (*b*), in Fig. 7 der linke (*a*) Kreis lichtschwächer gezeichnet. Fig. 5 erscheint am natürlichsten als plane Zeichnung, während in Fig. 6 bei unbefangener Betrachtung der linke, in Fig. 7 der rechte Kreis als der nähere imponirt.

Fig. 8 stellt einen kleinen Apparat vor, welcher zur Beobachtung der Farbenmischung in Einem Auge dient. An dem Stiele (*S*) ist eine achteckige Platte befestigt, die in ihrer Mitte eine querovale Oeffnung hat; sie ist so: —.—.— skizzirt. An dieser Platte sind zwei um *A* und *B* drehbare Scheiben angebracht, welche an ihrer Peripherie je ein leeres (*o*) und sechs (1—6) mit farbigen Gläschen gedeckte Oeffnungen tragen. *DD* ist eine messingene Klemme, welche bei *a* durch ein Schräubchen von hinten her in der abgebildeten Lage befestigt wird und in dem ringförmigen Raume zwischen ihren beiden Blättern, die wieder durch das Schräubchen *b* zusammengepresst werden, ein Stück Zinnfolie trägt, in welches ein SCHEINER'sches Doppelloch in der Weise eingestochen ist, dass je nach der Stellung der Scheiben *A* und *B* Licht von beliebiger Farbe hindurch geht.

Fig. 9 ist das Spectrum, welches durch das eben beschriebene Instrument gesehen wird, wenn vor das linke Loch das blaue Gläschen (5), vor das rechte aber die leere Oeffnung (*o*) gestellt ist. Das weisse Licht erscheint dann in der Contrastfarbe zu dem angewendeten Blau. Das im Interferenzfeld vorhandene Doppelbild einer diesseits des Accommodationspunktes gehaltenen Nadel ist auch gefärbt, das linke gelblich, das rechte blau.

Fig. 10 bis inclus. 22 sind schematische Zeichnungen WEBER'scher Empfindungskreise, welche erklären sollen, warum die Veränderung des Feinheitsgrades einer Hautstelle durch Dehnung (oder Schrumpfung), dieser Dehnung (oder Schrumpfung) nicht genau proportional sein kann.

Fig. 23 gibt näherungsweise ein Bild von der Anordnung der von mir sogenannten »Empfindungskreise« in der Haut. Die wahre Anordnung derselben kann durch Zeichnung niemals vollständig wiedergegeben werden, da die Mittelpunkte der Empfindungskreise stetig die Hautfläche erfüllen.

Fig. 24 zeigt die mit einander correspondirenden Punkte der Ober- (*O*) und der Unter- (*U*) lippe bei natürlicher ungezwungener Schliessung des Mundes. Die stärkere Linie bei *o*, *o* deutet die Medianlinie an.

Fig. 25 zeigt die Lagerung der correspondirenden Punkte der Lippen, wenn die Oberlippe nach rechts, die Unterlippe nach links verschoben ist. Bei dieser Dislocation geht der *o* Punkt der Oberlippe senkrecht über Punkt 2 der Unterlippe, 1*O* über 3*U*, 1'*O* über 1'*U* u. s. w. Zwei Eindrücke, von denen der eine zwischen *o*1'*O*, der andere zwischen *o*1*U* auftrifft, werden »verkehrt« gefühlt u. s. w.

Fig. 26 ist das »Stereophoroskop«.

Fig. 27 und 28 stellt das »Phorolyt für den Tastsinn« vor. Fig. 27 gibt die Ansicht von oben, Fig. 28 die von der Seite. Um die im Texte gegebene Beschreibung des Instrumentes zu vollenden, habe ich nur noch des Mechanismus mit einigen Worten zu gedenken, welcher die Klemme (*abcd*) mit der um *A* drehbaren Tastscheibe in der Weise verbindet, dass bei jeder genügenden Hebung derselben die Tastscheibe um $^1/_{12}$ eines Kreises, in der Richtung der Pfeile weiter geht. An der Axe (*A*) ist ein kleines mit 12 Zähnen versehenes, horizontales Rädchen (*r*) angebracht; dieses greift in die archimedische Schraube (*z*) ein, deren Axe durch die Klötzchen *m* und *n* fixirt ist und das Rädchen (*o*) trägt, das durch die an der Klemme befestigte Zahnstange (*t*) in Bewegung gesetzt wird. Die Verhältnisse der einzelnen Theile dieses Mechanismus sind nun so getroffen, dass, wenn man die Klemme so hoch als möglich gehoben hat, — welche Bewegung durch die Stäbe *F* und *F'* gesichert und geleitet wird — die Zahnstange *t*, das Rädchen *o* und damit die Schraube *z* so oft umdreht, als erforderlich ist, um das Rädchen *r* um Einen Zahn und damit die Tastscheibe um $^1/_{12}$ eines Kreises in der Richtung der Pfeile weiter zu schieben. Bei Senkung der Klemme — (wobei durch die Zahnstange nur der die Zähne tragende Rand des Rädchens (*o*) in Bewegung gesetzt wird, während der centrale Theil desselben nebst der Axe der archimedischen Schraube und somit die ganzen Tastscheiben ruhig stehen bleiben) — trifft die tastende Hand jedesmal ein anderes und zwar das links vorhergehende Stäbchen. Wird der Mechanismus stetig in Bewegung gesetzt, so bieten sich die Stäbchen der tastenden Hand in der Reihenfolge (1 12) dar und es entsteht für den Beobachter die Täuschung, als ob sich das stäbchenförmige Tastobject in der Richtung der kleinen Pfeile (bei *B* 1) um seinen Halbirungspunkt herumdrehte.

XXVI.

Zur Chromasie des Auges.

[*Wiener akademische Sitzungsberichte 1855* (*Physiologische Studien*).]

(Hierzu Fig. 1 auf Tafel 19).

Es ist bekannt, dass, wenn man einen leuchtenden Punkt, von dem weisses Licht ausstrahlt, nicht genau auf die Retina einstellt, sondern im Zerstreuungskreise ansieht, sein Bild farbig gesäumt erscheint, und zwar erscheint ein gelbrother Saum, wenn der Leuchtpunkt diesseits, ein bläulicher, wenn er jenseits des Accommodationspunktes sich befindet.

Diese Farbensäume sind jedoch für normale Augen so zart, dass sie der Aufmerksamkeit meist ganz entgehen und es dürfte daher nicht überflüssig erscheinen, dass ich hier einen Versuch angebe, welcher das fragliche Phänomen Jedermann leicht zugänglich macht, indem sich unter den durch ihn gesetzten Bedingungen die chromatische Abweichung mehrerer Leuchtpunkte summirt und eine in die Augen springende Wirkung hervorbringt.

Mein Versuch empfiehlt sich namentlich den Lehrern der Physiologie und besteht in Folgendem:

Ich steche einen 1‴ bis 2‴ im Durchmesser haltenden Kreis von etwa 20 Löchelchen mit einer feinen Nadel in ein Kartenblatt und halte dasselbe gegen einen weiss erleuchteten Hintergrund in einer solchen Entfernung vom Auge, dass sich die gelben oder blauen Säume der Zerstreuungskreise, welche die im Kreise stehenden Löchelchen auf die Netzhaut werfen, im Mittelpunkte jenes Kreises decken und somit in ihrer Färbung verstärken.

Es erscheint unter diesen Umständen an der angegebenen Stelle — je nachdem das Kartenblatt diesseits oder jenseits des Accommodationspunktes steht — ein Fleck von i n t e n s i v e r gelber bis orange-

rother oder blauer Färbung[1]) Fig. 1 (Taf. 19) erläutert den ganzen Vorgang.

Dass Fernsichtige schwerer die blaue Färbung, welche überhaupt weniger leicht zu beobachten ist, weil der Löchelchenkreis jenseits des Accommodationspunktes für die meisten Augen in mehrfache störende Nebenbilder auseinandertritt, als die gelbe Färbung des Mittelpunktes des Löchelchenkreises sehen werden, im schlimmsten Falle sich aber durch eine Sammellinse zur Wahrnehmung der blauen Färbung doch verhelfen können, versteht sich von selbst; so wie dass der Durchmesser des Löchelchenkreises und der Löchelchen selbst in einem bestimmten, tentando leicht zu ermittelnden Verhältniss zum Accommodationsvermögen des Beobachters stehen muss.

Noch will ich darauf aufmerksam machen, dass die farbigen Säume, welche bei falscher Accommodation entstehen, sowohl hinsichtlich ihrer Breite und Intensität, als hinsichtlich ihrer Farbennuancen (namentlich der rothen) nicht unbedeutend von jenen sich unterscheiden, welche bei Verdeckung der einen Pupillenhälfte auftreten. Diese letzteren sind im Allgemeinen breiter, intensiver und lassen die rothen Töne deutlicher erkennen, als die ersteren. — Diese Differenzen dürften wohl in einer Complication der chromatischen Abweichung mit Bewegungserscheinungen ihren Grund haben.

Dass aber in beiden Fällen die rein rothen und namentlich die rein violetten Grenzen der Farbensäume gar keinen oder nur einen kaum wahrnehmbaren Eindruck machen, kann nicht befremden, wenn man erwägt, von welch' geringer Breite und Intensität die einzelnen Spectren sind, in welche die weissen Lichtstrahlen zerlegt werden.

Was übrigens die Färbung der Säume im Allgemeinen betrifft, so ist klar, dass, da die Spectren nach allen Richtungen stetig über einander hinausgreifen, gegen den freien Rand des Netzhautbildchens hin, aus der Mischung sämmtlicher Farbenstrahlen, welche Weiss oder neutrales Grau gibt, entweder zuerst die violetten, dann die blauen, die grünen, die gelben, die orangen Strahlen allmählich herausfallen und die rothen den Rand begrenzen, — oder aber in entgegengesetzter Ordnung, zuerst die rothen, dann die orangen, die gelben etc. Strahlen ausgeschieden werden und die violetten die Grenze bilden müssen, — wie es die beiden folgenden Schemen (*A* und *B*) deutlich erkennen lassen, in welchen die Farben der Kürze wegen nur mit An-

[1] Manchmal wollte es mir scheinen, dass die gelbe Färbung einen Stich ins Bräunliche, die blaue hingegen einen Stich ins Graue hatte. Vgl. BRÜCKE: Ueber das Wesen der braunen Farbe. Pogg. Ann. 1848, S. 461.

fangsbuchstaben bezeichnet sind und die senkrechten Striche die Netzhaut im Durchschnitt bedeuten.

A.		*B.*	
roth	r	violett	v
orange	o r	indig	i v
	g o r		b i v
gelb	gr g o r	blau	gr b i v
mattgelb	b gr g o r	blassblau	g gr b i v
	i b gr g o r		o g gr b i v
weiss	v i b gr g o r	weiss	r o g gr b i v

Diese Schemen veranschaulichen die Ordnung, in welcher die Farben in den Säumen auftreten, um sich zu mischen, ohne dass dabei auf die verschiedene Breite der Farbenstreifen des Spectrums Rücksicht genommen wäre; und man kann mit Hilfe der bekannten HELMHOLTZ'schen Tabelle, nach welcher Gelb und Blau Weiss, Grün und Roth Mattgelb, Grün und Violett Blassblau, Violett und Blau Indigo etc. geben, nun leicht einsehen, dass sich dieselben in der That zu der durch die Erfahrung gegebenen Tinten mischen müssen.

XXVII.

Zur Theorie der zusammengesetzten Farben.

[Wiener akademische Sitzungsberichte 1855 (Physiologische Studien).]

Ich erlaube mir hier eine Reihe von Versuchen über zusammengesetzte Farben, zu deren Realisirung mir bisher Zeit und Gelegenheit mangelten, in Vorschlag zu bringen, welche meines Wissens nur in sehr unvollkommener Weise (von VOLKMANN) und zu einer Zeit ausgeführt wurden, wo durch die wichtigen Untersuchungen von HELMHOLTZ [1]) über die »Theorie der zusammengesetzten Farben« der Unterschied zwischen dem Vorgange bei der Mischung von Farbstoffen und dem bei der Zusammensetzung der reinen Farben noch nicht festgestellt war.

Diese Versuche würden die Mischfarben zu vergleichen haben, welche durch unmittelbare Vermengung von Farbstoffen und durch Mischung des von denselben ungemengten Farbstoffen kommenden Lichtes entstehen.

Zu diesem Zwecke wäre z. B. zuerst ein kleines Rähmchen mit verschiedenfarbigen feinen Fäden dicht, aber in einfacher Lage zu bespannen und ein Gemenge aus denselben nun fein zerschnittenen Fäden zu bereiten, und aus einer passenden grösseren Entfernung zu betrachten; oder man könnte vermittelst Farbendruck eine Unzahl feiner dichtstehender Farbenpunkte auf weisses, farbiges oder mattschwarzes Papier auftragen lassen und dann wieder die angewendeten Farbstoffe direct mengen u. dgl.

[1] Müll. Arch. 1852, S. 461.

XXVIII.

Ueber das sogenannte Problem des „Aufrechtsehens".

[Wiener akademische Sitzungsberichte 1855 (Physiologische Studien).]

(Hierzu Fig. 2 und 3 auf Tafel 19).

Zur Zusammenstellung der folgenden Bemerkungen, welche ich im Wesentlichen bereits im Jahre 1850 in der würzburger Aula als *quaestio promovendi* öffentlich vorgetragen habe, bin ich durch eine kurze Notiz von LUDWIG FICK (Müll. Arch. 1854, S. 220) veranlasst worden; indem dieselbe den vorliegenden Gegenstand, anstatt ihn seiner endlichen Erledigung näher zu bringen, wieder in jene heillose Verwirrung zurückzuwerfen droht, welche die Bemühungen VOLKMANN's und LOTZE's für alle Zukunft beseitigt zu haben schienen.

FICK begnügt sich nämlich nicht nur die alte Ansicht von der umgekehrten Einpflanzung der Retinalelemente in jenen Leibestheil, in welchem die Seele wohnt, — allerdings mit anerkennungswerther Entschiedenheit und Schärfe — einfach aufzuwärmen; — und das ist doch kein Fortschritt! sondern er meint damit (wofern ich ihn richtig verstanden habe), sogar auch den thatsächlichen Parallelismus des Gesichtssinnes und des Tastsinnes im Urtheil über die Lage der Objecte erschöpfend erklärt zu haben, was eben als ein gefährlicher Rückschritt bezeichnet werden muss und um so überraschender ist, als eine Erneuerung dieses Irrthums nach dem, was VOLKMANN[1]) von der »Richtung der Gesichtsobjecte« gelehrt hat, in der That unbegreiflich erscheint.

FICK ignorirt ganz und gar, dass die Vorstellung von der Richtung der Gesichtsobjecte erwiesenermaassen wesentlich aus dem Bewusstsein der Muskelbewegung resultirt, welche die Augen auf das

[1] Handwörterbuch d. Phys. Art. »Sehen«, S. 340—346.

fixirte Object einstellt, und, dass wir dem Oben und Unten erst, nachdem wir die veränderlichen Lagen unseres eigenen Körpers beurtheilen gelernt haben, eine von unserer momentanen wirklichen Stellung unabhängige Bedeutung geben können, indem wir es auf die vorgestellte aufrechte Körperstellung reduciren! — Uebrigens ist es durchaus nicht meine Absicht im Folgenden die ganze Angelegenheit von *A* bis *Ω* noch einmal zu erörtern und das, was bereits an andern Orten und viel besser, als ich es vermöchte, gesagt ist, zu reproduciren. Es genüge in diesem Bezug die Hinweisung auf VOLKMANN und LOTZE[1]. Ich will hier nur einen dunklen Punkt, den Einzigen, der, wie ich glaube, noch immer nicht als erledigt betrachtet werden kann, aufzuhellen versuchen.

Dieser Punkt bezieht sich auf den »Grund aller Irrthümer«, als welchen LOTZE das bekannte Vorurtheil bezeichnet »als läge in der wirklichen Stellung des Netzhautbildes für sich allein schon ein Motiv für die Seele, es in gleicher Richtung wahrzunehmen,« — in Folge dessen man sich einbildet, »weil auf der Retina das Bild des Fusspunktes der Objecte der Stirn näher liege, müsse es auch im empfundenen Sehfeld ihr näher also oben erscheinen« — und davon spricht, »dass das Netzhautbild umgekehrt[2] werden müsse, gleich als wäre seine wirkliche Lage durch ihr blosses Dasein schon für die Seele nicht nur von Bedeutung überhaupt, sondern als bildete sie sogar eine Art von Hinderniss für das Aufrechtsehen, das durch eine besondere Anstrengung der Seele hinweggeräumt werden müsse.«

LOTZE fertigt dieses Vorurtheil durch einige Bemerkungen, die sich aus seinen Grundprincipien ergeben, sehr kurz ab, während es VOLKMANN ganz umgeht; allein diese Behandlung eines Punktes, welcher als »Grund aller Irrthümer« bezeichnet worden ist, rächt sich an den Erklärungsversuchen der beiden berühmten Forscher.

Ich bin wenigstens überzeugt, dass es der oberflächlichen Behandlung dieses Punktes allein zuzuschreiben ist, dass die übrigens eben

[1] Med. Psychologie 1852, S. 362—369.

[2] Bei dieser Gelegenheit kann ich es nicht unterlassen, wie schon früher einmal, an die Bedeutung der »Vorstudien zur Topologie von J. B. LISTING (abgedruckt aus den Göttinger Studien, 1847; Göttingen bei Vandenhoeck und Ruprecht 1848) für die naturwissenschaftliche Terminologie aufmerksam zu machen, indem sie wahrhaft unentbehrlich sind, um den Sinn gewisser topologischer Ausdrücke, wie, »umgekehrt«, »verkehrt«, »verkehrt und umgekehrt zugleich« etc., die in der Sprache des gemeinen Lebens der Präcision entbehren, und manchmal selbst von den Männern der Wissenschaft, wie z. B. von FICK a. a. O., und selbst von LOTZE a. a. O., S. 369, unrichtig angewendet werden, für den wissenschaftlichen Gebrauch festzustellen.

so klaren und scharfsinnigen, als erschöpfenden und gründlichen Auseinandersetzungen VOLKMANN's und LOTZE's die Leser doch nicht ganz befriedigt haben und nicht befriedigen konnten, da es sich hier um ein allerdings nur halbverstandenes und unexact ausgedrücktes, aber vollkommen berechtigtes Moment handelt, das sich nicht bei Seite schieben, sondern nur durch ausdrückliche Anerkennung erledigen lässt.

Diese dunkle Lücke in den von VOLKMANN und LOTZE versuchten Lösungen des Problems will ich nun in den folgenden Zeilen ausfüllen, indem ich mich bemühen werde jenes Vorurtheil sammt seinen Consequenzen zu erklären und zu erledigen, d. h. aufzudecken, welches berechtigte Moment ihm versteckt zu Grunde liegt, zu zeigen wie es entsteht und endlich den Theil Wahrheit, den es enthält, in den Erklärungsversuchen für immer zur Geltung zu bringen. —

Nach einem hinreichend allgemeinen von allen Physiologen »aller Farben« zugegebenen Ausgangspunkt mich umsehend, fällt mir die folgende Stelle der vortrefflichen Med. Psychologie von LOTZE (S. 362) in die Augen: »Man könnte behaupten, jede Netzhautfaser übe vermöge der Lage[1]) ihrer centralen Endigungsstelle im Gehirn einen ihr ganz allein eigenthümlichen Einfluss auf die Seele aus, und erzwinge demgemäss auch die bestimmte Localisirung ihrer Empfindung«.

An diesen Satz, gegen den hoffentlich Niemand etwas einzuwenden haben wird, will ich meine weiteren Bemerkungen anknüpfen und sogleich hervorheben, dass er mit gleicher Berechtigung und Sicherheit hinsichtlich der Nerven des Tastorgans und der durch diese vermittelten Empfindungen gilt.

Auch die centralen Endigungsstellen der Tastnerven müssen im Gehirn solche Lagen haben, dass sie vermöge derselben einen jeder von ihnen eigenthümlichen Einfluss auf die Seele ausüben und demgemäss auch die bestimmte Localisirung ihrer Empfindung erzwingen können.

Da nun aber durch einen bekannten sehr einfachen Versuch[2])

[1] Es ist kaum nöthig, um Missverständnisse zu verhüten, daran zu erinnern, dass hier unter »Lage« ganz allgemein irgendwelche bestimmte organisch begründete Beziehungen und nicht etwa ausschliesslich nur einfach topologische (positorische) Beziehungen zu verstehen seien!

[2] Der Versuch, auf welchen ich mich hier beziehe, ist neuerlich in einem dickleibigen Werke von SERRES d'UZÈS (Sur les phosphènes, Paris 1853) mit grosser Weitschweifigkeit behandelt worden und besteht wesentlich darin, dass man mit einem festen Körper, einer stumpfen Bleistiftspitze z. B. durch die geschlossenen

erwiesen werden kann, dass ein diametraler Gegensatz zwischen der Localisirung der durch die Retina und der durch das Tastorgan vermittelten Empfindungen existirt; so ergibt sich mit Nothwendigkeit die allgemeine Forderung, dass auch die »Lage« der centralen Endigungsstellen der Seh- und der Tastnervenfasern eine in dieser Beziehung entgegengesetzte sein müsse.

Diese allgemeine und unbestreitbare Forderung ist es, welche nach meiner Meinung jenes vollkommen berechtigte, von LOTZE und VOLKMANN nicht hinreichend gewürdigte Moment darstellt, welches in dem oben gerügten Vorurtheil enthalten ist.

Wie nun diese Forderung in dem immer wiederkehrenden Gedanken an die Nothwendigkeit einer Umkehrung des Netzhautbildes ihren unexacten Ausdruck finden konnte, leuchtet sofort ein, wenn man bedenkt, dass wir gewohnt sind von den Wahrnehmungen des Tast- und Muskelgefühls anzunehmen, dass sie uns bei natürlicher Stellung der peripherischen Eindrücke, auch eine vollkommen richtige und entsprechende Auskunft über die wirklichen Lagenverhältnisse der Dinge geben. Denn es muss uns, da wir das Gleiche von den Wahrnehmungen des Gesichtssinnes stillschweigend voraussetzen, zugleich aber mit Sicherheit wissen, dass die Netzhautbilder eine umgekehrte Lage haben, natürlicher Weise die umgekehrte Lage der Netzhautbilder in dieser Beziehung, als ein Hinderniss für das Aufrechtsehen erscheinen und zu dem Gedanken verleiten, dass in dem Bewusstsein eine »unmittelbare Nöthigung« liege, welche die Umkehrung der umgekehrten Netzhautbilder vollbringt.

Hiermit dürfte die Entstehung des gerügten Vorurtheiles hinreichend erklärt sein und — um die Aufgabe, welche ich mir gestellt habe, vollständig zu lösen — bleibt nur noch übrig der von mir formulirten und oben ausgesprochenen allgemeinen und berechtigten

Lider hindurch einen mässigen und umschriebenen Druck auf das Auge ausübt, welcher sowohl die Lider als die Retina an gleicher Stelle trifft und demgemäss auch gleichzeitig zwei Empfindungen, eine Tastempfindung (Druckbild) und eine Lichtempfindung (Phosphen) erregt, welche eine Vergleichung ihrer gegenseitigen Position gestatten. Vergleicht man nun wirklich die Localisirung dieser Empfindungen, so überzeugt man sich leicht, dass beiderlei Bilder auf entgegengesetzten Seiten der Sehaxe liegen. Drückt man nämlich mit dem Bleistift im Dunkeln, das geschlossene Auge von oben, so fühlt man den Druck oben, während das Lichtbild unten erscheint, drückt man hingegen den unteren Theil der Lider und der Netzhaut, so fühlt man den Druck unten, das Lichtbild erscheint oben u. s. w.

Forderung, welche jenem Vorurtheil versteckt zu Grunde liegt, in den Erklärungsversuchen des Problems Genüge zu leisten.

Um diese Angelegenheit zu erledigen, bin ich gezwungen auf die beiden, schroff sich gegenüber stehenden Grundanschauungen über das Wesen der Seele einzugehen, da es mir nicht einfallen kann, die grosse Streitfrage der Zeit, welche von beiden Anschauungen die alleinseligmachende, einzig richtige sei? hier entscheiden zu wollen.

1. Ist man, wie Fick, überzeugt, dass die Seele, wenigstens in Beziehung auf ihre Empfindungsfähigkeit ein Raum sei, in welchen hinein sich die räumlichen Bilder begeben, um da Platz zu nehmen, und setzt man — (nicht stillschweigend wie bisher, sondern ausdrücklich) — voraus, dass die Bilder des Tastorgans in derselben Lage von der tastenden Fläche bis zur Seele fortrücken; so wird man auch, in Folge unserer allgemeinen Forderung, anzunehmen sich gezwungen sehen, dass das Netzhautbild im Verlauf des Sehnerven um 180° um seine Axe gedreht werden müsse, d. h. dass die Einpflanzung der Retinaelemente in den Leibestheil, in welchem die Seele wohnt, die umgekehrte als in der Retina sein müsse.

Denn es ist nichts als wohlfeiler Spott, es plausibler oder »geistreicher« und durch seine »Ungewöhnlichkeit« anziehender finden zu wollen, wenn man das Netzhautbild parallel mit sich zum Gehirn fortschreiten liesse, dafür aber der Seele eine umgekehrte Stellung im Sehhirn gäbe oder wenn man das Tastbild statt des Retinabildes auf dem Wege von der Peripherie zum Centrum eine Umkehrung erleiden liesse!

Unter den gemachten Voraussetzungen ist also Das, was oben (nach Lotze) als ein Vorurtheil bezeichnet wurde, gar kein Vorurtheil, sondern eine nothwendige Consequenz, und ist man offenbar gezwungen die alte von Fick neuerdings vertretene Erklärung des »Aufrechtsehens« der umgekehrten Netzhautbilder anzunehmen — ohne noch desshalb, wie Fick (vgl. den Eingang der Abhandlung), in jenen, ebenfalls alten Irrthum verfallen zu müssen, dass damit zugleich auch schon Das erklärt sei, was Einige »die Richtung des Sehens« nennen.

2. Wenn man aber glaubt, dass es hinreicht »an die bodenlose Ungereimtheit erinnert zu haben, die noch immer ohne die mindeste Vorstellung von dem, was Empfinden oder Wahrnehmen heisst, sich in der Erklärung der psychischen Erscheinungen ergeht«, um die eben erörterten Vorstellungen über das Wesen der Seele zu beseitigen; wenn man annimmt, dass, um überhaupt wahrgenommen werden zu

können, jedes räumliche Bild, welches in den äusseren Sinnen ist, in eine Summe »intensiver Erregungszustände der Seele« übergehen muss, »die weder relative Lagenverhältnisse unter einander mehr haben, noch zusammengenommen eine Lage gegen aussen«; dann kann man freilich auch von einer Umkehrung des Netzhautbildes, buchstäblich genommen, wie vorhin sub 1, nicht mehr sprechen, obschon diesen Worten nichts destoweniger ein gewisser Sinn bleibt, denn es gilt auch hier die Frage: Welche Beziehung existirt zwischen der objectiven Räumlichkeit der Retinafläche und der wahrgenommenen Räumlichkeit des Sehfeldes, oder anders ausgedrückt, welche Position nimmt das gesehene Bild zu dem objectiven Bild oder Reiz auf der Netzhaut ein?

Diese Frage darf gestellt werden, weil wir unsere Vorstellung von der wirklichen Lage der gereizten Netzhautpunkte, über welche uns sowohl das Tast- und Muskelgefühl, als gewisse physikalische Betrachtungen sicheren Aufschluss geben, mit der Localisirung der durch dieselben vermittelten Lichtempfindungen vergleichen können; und sie muss gestellt werden, weil wir zwischen zwei an sich möglichen Beantwortungen zu entscheiden haben.

Es kann nämlich jede Erregung eines diesseits der Sehaxe gelegenen Netzhautpunktes einen Einfluss auf die Seele ausüben, vermöge dessen das durch sie erlangte Bild sich mit einem Raumpunkte associirt, der im Raumbilde entweder jenseits oder ebenfalls diesseits der Sehaxe, deren Richtung uns immer genau bekannt ist, liegt.

Die Gelegenheit zur exacten Ermittelung dieser so zu sagen topologischen Beziehungen findet sich in jenem, oben citirten bekannten Versuche, wo die unmittelbare Vergleichung der Localisation eines Druck- und eines Lichtbildes, welche durch einen und denselben Eindruck an Orten des Tastorganes und der Retina, die, gegenseitig sich deckend, beide auf derselben Seite der Sehaxe liegen, erregt werden, und ferner in dem folgenden ebenfalls bekannten Versuche.

Man steche mit einer Nadel ein feines Löchelchen in ein Kartenblatt und halte dasselbe gegen einen hellen Hintergrund in solcher Entfernung vom Auge, dass es diesseits des Accommodationspunktes zu stehen kommt, so fällt die Vereinigungsweite der durch das Löchelchen hindurchtretenden Strahlen hinter die Netzhaut, auf die Netzhaut aber ein Zerstreuungskreis. (Vgl. Taf. 19, Fig. 2). Schiebt man nun ein zweites Kartenblatt ganz nahe am Auge von einer beliebigen Seite gegen die Mitte der Pupille vor, so wird der Zerstreuungskreis auf der Retina von derselben Seite her verdunkelt (vgl.

Taf. 19, Fig. 2), während der gesehene Zerstreuungskreis von der diametral entgegengesetzten Seite her sich verdunkelt.

Befindet sich das Löchelchen jenseits des Accommodationspunktes, so fällt abermals ein Zerstreuungskreis auf die Netzhaut, in diesem Falle jedoch nicht weil die Lichtstrahlen hinter, sondern vor der Retina im Punkte 0 (Taf. 19, Fig. 3) ihre Vereinigung finden. Schiebt man jetzt das zweite Kartenblatt wieder gegen die Pupille vor, so wird der Zerstreuungskreis auf der Retina, wie Fig. 3 lehrt, von der entgegengesetzten Seite verdunkelt werden, während man nichts destoweniger den Zerstreuungskreis im Sehfelde sich von derselben Seite her verdunkeln sieht, von welcher das zweite Kartenblatt gegen die Mitte der Pupille vorgeschoben wird.

Es unterliegt somit nicht dem leisesten Zweifel, dass von den beiden oben aufgestellten Möglichkeiten die erste wirklich realisirt ist. Abgesehen von dieser experimentellen Beantwortung der Frage, kann man auch durch eine sehr einfache Ueberlegung, a priori zu der festen Ueberzeugung gelangen, dass bei der bestehenden Organisation unseres Auges und bei der beabsichtigten Harmonie der Localisation durch das Sehen mit der durch Muskel- und Tastsinn die Herstellung der eben erörterten Beziehungen eben so nothwendig gewesen sei, als die umgekehrte Lage des Netzhautbildes.

Was den letzten Punkt betrifft, so hat bereits Lotze (a. a. O. S. 368) schlagend nachgewiesen, dass gewisse sinnlose Widersprüche und optische Zweckwidrigkeiten für unser Auge, in welchem sich die Bilder auf dem concaven Hintergrunde projiciren und dessen Drehpunkt vor dem Bilde, zwischen ihm und dem Objecte liegt, nur durch ein umgekehrtes Netzhautbild zu vermeiden waren.

Was nun aber den ersten Punkt angeht, so hat Lotze's Darstellung eine Lücke, welche ich eben auszufüllen suche.

Setzen wir den Fall, dass die umgekehrten Bilder in derselben Lage, welche sie auf der Netzhaut einnehmen, auch im Raume wahrgenommen oder localisirt würden; so ergäben sich trotz des umgekehrten Netzhautbildes, sogleich wieder »sinnlose Widersprüche«. Denn dann würde nicht nur die Augenaxe sich heben müssen, um das Bild eines von uns unten gesehenen Objectpunktes auf die Stelle des deutlichsten Sehens zu rücken, sondern auch die tastende Hand müsste eine Bewegung ausführen, die nach oben gerichtet wäre, um von dem Orte des Auges ausgehend denselben unten gesehenen Punkt zu erreichen. Aehnliche Disharmonien würden dann auch hinsichtlich des Rechts und des Links unvermeidlich sein.

Kurz also: die umgekehrte Lage des Netzhautbildes würde unter diesen Umständen, trotz ihrer sonstigen Nothwendigkeit, in der That ein Hinderniss sein, für das Aufrechtsehen, d. h. für die Harmonie unserer räumlichen Weltauffassung, wenn die erregten Netzhautpunkte nicht zugleich die Fähigkeit besässen, die umgekehrte Localisation der durch sie vermittelten Bilder zu erzwingen.

Dass und in welchem Sinne wir daher auch bei den hier gemachten Voraussetzungen über das Wesen der Seele, von der Nothwendigkeit einer abermaligen Umkehrung des Netzhautbildes sprechen können, leuchtet wohl von selbst ein!

Was endlich das »Mechanische« behufs der Herstellung und Erklärung der factischen und als nothwendig erkannten Beziehungen zwischen Gesichtssinn, Tast- und Muskelgefühl betrifft, so werden wir, wenn wir mit Lotze festhalten, dass »jede dieser Beziehungen nur durch eine bestimmt geordnete Verflechtung und Wechselwirkung einer sensiblen Netzhautfaser mit motorischen Nervenfäden hervorgebracht werden kann«, auch annehmen müssen, dass die unteren Punkte der Retina durch ihre Nervenfasern so mit jenen motorischen Elementen verbunden sind, dass sie im Raumbilde des Muskelgefühls oben, die oberen so, dass sie unten etc. . . . erscheinen, während bezüglich der Nervenfasern des Tastorgans, entsprechend unserer oben ausgesprochenen allgemeinen Forderung, nothwendig das Entgegengesetzte gelten wird. — Hiermit ist unsere Aufgabe gelöst. —

Beiläufig will ich zuletzt noch an meine Versuche über das »Verkehrtfühlen« (vgl. S. 346) erinnern, und kann dabei die Bemerkung nicht unterdrücken, dass sich auf Grund dieser Versuche für den von Lotze verketzerten Gedanken an eine Drehung der Fasern um 180° im Verlaufe des Opticus auch hier ein Ausdruck finden lässt, der ihn über das Niveau einer »bodenlosen Ungereimtheit« erhebt. Denn, da die angezogenen Versuche, welche freilich immer nur an einem schon geübten Tastorgan anzustellen sind, lehren, dass durch Verschiebung oder eigentlich Verkehrung (Perversion) der Lage der sensiblen Hautpunkte auch die Objecte verkehrt wahrgenommen werden, so würden die durch die Erregung der sensiblen Hautpunkte wahrgenommenen Tastbilder umgekehrt erscheinen müssen, wie die Bilder auf der Retina, wenn, *caeteris paribus*, das Hautstück um 180° um seinen Mittelpunkt gedreht werden könnte oder wenn die betreffenden Nerven eine totale Kreuzung erfahren könnten, so dass die unteren sensiblen Punkte die oberen, die oberen die unteren . . . etc. würden.

Warum sollte es nun, selbst unter den LOTZE'schen Voraussetzungen, gar so ungereimt sein, einen dem Verlaufe dieser Tastnerven ähnlichen Verlauf der Netzhautfasern anzunehmen? — wir brauchen ja mit dieser Hypothese keine einzige der wesentlichen Forderungen, die sich aus LOTZE's Principien ergeben, über Bord zu werfen!

Man könnte höchstens einwenden, dass diese Annahme überflüssig sei, obschon man, wenn man einmal darauf ausgeht die psychischen Erscheinungen physiologisch zu erklären und sich über die im Seelenorgan getroffenen Einrichtungen bestimmtere Vorstellungen zu bilden, keinen Gedanken, falls er nur an sich brauchbar ist, von der Hand weisen sollte, den spätere Erfahrungen leicht bestätigen könnten.

XXIX.

Zu Volkmann's Lehre von der „Richtung der Gesichtsobjecte".

[Wiener akademische Sitzungsberichte 1855 (Physiologische Studien).]

1. Volkmann[1]) nennt die an dem von Franz operirten Blinden gewonnene Erfahrung, dass der Blinde, der mit schielendem linken Auge sehen gelernt hatte, nachdem er durch eine zweite glückliche Operation von Strabismus befreit worden war, Alles zu weit nach rechts sah[2]), eine kostbare. Die ausdrückliche Anerkennung des Werthes dieser Erfahrung hat mich endlich bestimmt einen längst (1848) von mir ersonnenen Versuch zu veröffentlichen, der Jeden in den Stand setzt, jene »kostbare« Erfahrung an sich selbst zu machen.

Der Versuch ist so überaus einfach, dass ich nur desshalb und weil man in der Ophthalmiatrik seit Jahren prismatische Brillen verwendet und das Folgende ohne Zweifel schon bemerkt, wenn auch vielleicht nicht physiologisch gewürdiget hat, mit der Publication gezögert habe; und besteht darin, dass man ein Prisma, am besten ein achromatisches, vor das eine geöffnete Auge nimmt und durch dieses hindurch die Objecte betrachtet, während man mit der Hand nach ihnen langt.

Die Wirkung des Prisma ist nun genau dieselbe, welche bei dem Blinden die glücklich ausgeführte Schieloperation hervorbrachte, in-

[1] Handwörterbuch d. Phys. Art. »Sehen« S. 342.

[2] »Vielleicht könnte man fragen, was das heissen solle? Offenbar dies: Der Operirte suchte die Gegenstände, welche er bei ruhendem Auge am deutlichsten sah, statt gerade vor sich, rechts neben sich. Natürlich fand er sie nun nicht, und es bestand also eine Zeit lang ein Widerspruch zwischen den Raumvorstellungen (nicht Anschauungen!) des Auges und des Getastes«.

dem die Gesichtsobjecte, je nach der Lage des berechnenden Winkels des Prisma, weiter nach rechts, links, oben oder unten gesehen werden, als ohne Prisma und vor der Schieloperation.

Der hierbei eintretende Widerspruch zwischen der Localisation durch den Gesichtssinn und der durch Tast- und Muskelgefühl versetzt den Beobachter in eine eigenthümliche Verwirrung, welche sich nicht beschreiben, sondern nur erfahren lässt, und welche namentlich dem Anfänger gewissermaassen als ein *argumentum ad hominem*, besser zum Verständniss dessen verhilft, um was es sich hier handelt, als die klarsten theoretischen Auseinandersetzungen; wesshalb ich denn auch den simplen Versuch mit dem Prisma den Lehrern der Physiologie nicht dringend genug empfehlen kann.

Die Erklärungen der beiden Erfahrungen, der mit dem Prisma und der an dem operirten Blinden, stimmen *mutatis mutandis* vollkommen überein. Eine Disharmonie der Raumvorstellungen muss nämlich eintreten, sobald aus irgend einem Grunde die Lage der Bilder auf der Netzhaut eine andere ist, als sie sein würde, wenn unser Auge wirklich auf jenen Raumpunkt gerichtet wäre, auf welchen wir es erfahrungsgemäss gerichtet meinen, da das Muskelgefühl, welches die Vorstellung von der Richtung der Gesichtsobjecte bedingt, nach wie vor dasselbe bleibt. Die Wirkung ist daher auch ganz gleich, mag man nun durch das Prisma oder, wie bei der Schieloperation, durch eine unbewusste Veränderung der Stellung des Auges bewerkstelligen, dass das Bild eines Objectes auf die Netzhautstelle fällt, auf welche bei der zum Bewusstsein kommenden Stellung des Auges erfahrungsgemäss das Bild eines in bestimmter Entfernung neben, unter oder über jenem liegendes Object fallen müsste; denn in beiden Fällen werden die durch die Erregung derselben Netzhautpunkte vermittelten Bilder, mögen sie auch ganz verschieden gelegenen Objecten entsprechen, an demselben Punkte im Raume gesehen, weil eben das Muskelgefühl wesentlich die Vorstellung der Richtung bedingt und nach wie vor dasselbe bleibt.

2. Die Harmonie unseres Urtheils über die Richtung der Gesichts- und der Tastobjecte kann nicht wohl eine absolute, unbegrenzte, ich möchte sagen atomistische sein. Und in der That wird diese Vermuthung unter anderm auch durch die folgende Erfahrung beim Sticken (Tapisseriearbeit) bestätigt. Es ist leicht, an sich und an anderen die Beobachtung zu machen, dass die Nadel beim Zurückstechen des Fadens unter 100 Fällen 99 Mal den gewünschten, vom Auge fixirten Punkt verfehlt; doch irrt die unter dem Canevas befindliche Hand, welche die Nadel führt, nie um mehr als ein bestimmtes Maximum

und trifft auch sicher den einmal getroffenen Punkt mehrmal hinter einander, wenn sie dazwischen nicht etwa durch andere Bewegungen wieder desorientirt wurde. Ebenso verhält es sich natürlich auch, wenn wir versuchen die Augenaxen auf einen ungesehenen, nur durch die stickende Hand von unten fixirten Punkt einzustellen.

Auf diese Erfahrungen liesse sich ein Verfahren gründen, die Breite der möglichen Schwankungen der Localisation durch das Muskelgefühl zu messen.

XXX.

Weitere Beiträge zur Physiologie des Tastsinnes.

[Wiener akademische Sitzungsberichte 1855 (Physiologische Studien).]

(Hierzu Fig. 4—9 auf Taf. 19).

Das Folgende enthält die angezeigte[1] Fortsetzung jener Untersuchungen, welche S. 303 in Nr. XXV niedergelegt sind.

Diese Fortsetzung ist das Resultat des Bestrebens das Gebäude meiner, die Ansichten WEBER's und LOTZE's vermittelnden Lehre zu befestigen und weiter auszubauen.

Um das Folgende leichter anknüpfen zu können, sei mir hier eine kurze Revision jener Sätze gestattet, auf welche ich meine Hypothese gegründet habe.

1. Jede einzelne Nervenfaser hat ein gewisses Verästelungsgebiet in der Haut, d. h. geht in eine bestimmte Zahl (1, 2, 3 x) sensibler Punkte aus.

Dies können wir mit Sicherheit annehmen, müssen uns dagegen vorläufig jedes Ausspruchs über die Beschaffenheit und Anordnung dieser sensiblen Punkte, so wie über das gegenseitige Verhältniss der Verästelungsbezirke benachbarter Nervenfasern enthalten, da wir trotz aller Bemühungen der Mikroskopiker die eigentliche Endigungsweise der Nervenfasern in der Haut noch immer nicht genau genug kennen. E. H. WEBER's Annahme, nach welcher die Verbreitungsbezirke der einzelnen Fibrillen scharf begrenzt neben einander liegen sollen, ist nicht hinreichend begründet.

Eben so unbegründet und vielleicht noch unwahrscheinlicher war meine 1849 ausgesprochene Idee einer totalen Interferenz dieser Verbreitungsbezirke, zu welcher ich durch theoretische Gründe und durch

[1] Wiener med. Wochenschrift, 1855, S. 471.

die Existenz der Nervenplexus in der Froschhaut verleitet wurde. Ja selbst die Negation der berührten WEBER'schen Annahme, welche ich noch in meinen letzten Mittheilungen festhalten zu müssen glaubte, lasse ich hiermit als nicht hinreichend begründet und als unwesentlich für meine Theorie fallen[1].

2. Jeder sensible Punkt, welcher in Erregung versetzt wird, theilt derselben eine eigenthümliche Färbung, ein »Localzeichen« mit, welches ein bestimmtes Glied eines stetig abgestuften Systems von Localzeichen ist.

Hierbei müssen wir es nun wieder völlig unentschieden lassen, worin diese Localzeichen eigentlich bestehen (vgl. LOTZE, Med. Psychologie, Cap. 4, S. 325) und halten nur fest, dass jeder sensible Punkt mit seinem Localzeichen ein einfaches Element unseres inneren Raumbildes repräsentirt.

Es wäre freilich auch noch denkbar, dass selbst ein einzelner sensibler Punkt — als ob er gleichsam aus mehreren zusammengeschmolzen wäre — je nach der Richtung etwa, in welcher der Tastreiz auf ihn einwirkt, verschiedene Localzeichen vermitteln und demgemäss auch mehrere einfache Raumelemente repräsentiren könnte, oder dass im Gegentheile zur Herstellung eines Localzeichens die Erregung mehrerer Punkte nothwendig sei. Dies bleibe jedoch bei unserer gegenwärtigen Unkenntniss der Nervenprocesse völlig dahingestellt — so wie auch die Frage, ob die zu einer Stammfaser gehörigen sensiblen Punkte ihrer Erregung nur absolut gleiche oder verschiedene Localzeichen mitzutheilen im Stande sind?

3. Die Feinheit der Abstufung des Systems der Localzeichen scheint mit der relativen Anzahl der sensiblen Punkte und Nervenfibrillen in den verschiedenen Regionen der Haut correspondirend zu fallen und zu steigen; doch können wir jene mit dieser vorläufig in keine andere Beziehung bringen, als dass eben Beide (die Feinheit der Abstufung der Localzeichen, wie die relative Anzahl der sensiblen Punkte) wesentlich durch die nun einmal bestehenden, aber noch nicht näher erkennbaren und zu bezeichnenden, correspondirenden Verhältnisse des centralen und des peripherischen Nervensystems begründet sind.

[1] Durch das Gesagte und indem ich noch hinzufüge, dass ich den gereizten Ton, zu dem ich mich hinreissen liess, lebhaft bedaure, glaube ich ein in meiner früheren Mittheilung (S. 343, Anmerkung) an dem grossen Physiologen begangenes Unrecht wieder gut gemacht zu haben.

Denn die grössere Zahl der sensiblen Punkte an sich bedingt offenbar nicht nothwendig auch einen grösseren Unterschied zwischen den Localzeichen der einzelnen sensiblen Punkte *et vice versa*.

Ja nicht einmal die Annahme erscheint hinreichend gerechtfertigt, dass der Unterschied der Localzeichen unmittelbar benachbarter Punkte überall derselbe sei, obschon dann allerdings die Feinheit der Abstufung der Localzeichen mit der relativen Anzahl der sensiblen Punkte in directe Beziehung gebracht wäre.

Damit soll jedoch die fragliche Beziehung, zu deren genaueren Constatirung zunächst noch directe Zählungen der sensiblen Elemente in den verschiedenen Hautregionen erforderlich wären, eben so wenig geleugnet, als angenommen werden — wenn sie auch im Allgemeinen schon nach den bereits vorliegenden Erfahrungen in gewissen Regionen zu existiren scheint.

4. Je weiter zwei sensible Punkte einer Hautregion aus einander liegen, desto differenter müssen auch die ihnen eigenthümlichen Localzeichen sein, — wobei wir, wie gesagt, die Frage offen lassen, ob dies nur dann gilt, wenn die sensiblen Punkte mit verschiedenen Stammfasern zusammenhängen oder auch dann, wenn sie derselben Stammfaser angehören.

5. Bei der Einwirkung jedes Druckes, jedes Tastreizes wird gewöhnlich ein Complex von sensiblen Punkten erregt (MEISSNER).

Allein trotz der Erregung mehrerer sensibler Punkte (so zu sagen eines Zerstreuungskreises) durch ein einfaches und punktförmig beschränktes Tastobject entsteht doch erfahrungsgemäss auf keiner Hautstelle eine vielfache Empfindung, — ja selbst mehrere zeitlich und räumlich getrennte Tastreize fliessen innerhalb bestimmter und für die verschiedenen Hautregionen verschiedener Grenzen zu einer räumlich einheitlichen, räumlich untrennbaren Wahrnehmung zusammen.

6. Es existiren daher in der Haut Bezirke von bestimmter Grösse und Gestalt, welche eine Anzahl (1, 2, 3, 4, ... x) von sensiblen, mehr oder weniger gedrängt stehenden Punkten umfassen, deren Localzeichen sich nur unmerklich von einander unterscheiden, und innerhalb welcher somit eine Wahrnehmung jedweder räumlichen Beziehungen der Eindrücke nicht mehr möglich ist.

Diese Bezirke nannte ich »Empfindungskreise«. Sie müssen als Raumeinheiten oder Raumelemente höherer Ordnung bezeich-

net werden, wenn man jeden sensiblen Punkt mit seinem Localzeichen als ein einfaches Raumelement betrachtet. Ihr Durchmesser bedingt wesentlich die Schärfe des räumlichen Wahrnehmungsvermögens.

In gewisser Beziehung hängt jedoch die Feinheit desselben auch von den so zu sagen mechanischen Verhältnissen der sensiblen Punkte an der Peripherie ab (s. unten über die »Irradiationskreise« § 8 ad 2).

7. Die Anordnung der Empfindungskreise, welche, wie gesagt, je nach der Hautregion eine bestimmte Anzahl von mehr oder weniger gedrängt stehenden sensiblen Punkten umfassen, muss man sich erfahrungsgemäss unter dem Bilde von unendlich vielen Kreisen oder Ellipsen[1]) denken, welche sich so interferiren, dass ihre Mittelpunkte die ganze Hautoberfläche stetig erfüllen[2]). Ich übersehe hierbei nicht, dass die sensiblen Punkte — soweit unsere histologischen Daten reichen — durch unempfindliches Gewebe getrennt sind.

8. Die durch die Empfindungskreise repräsentirten Raumeinheiten höherer Ordnung fallen insoweit zusammen, als sich die Empfindungskreise interferiren.

Die Elemente unseres subjectiven Raumbildes correspondiren eben genau — auf eine vorläufig unerklärbare Weise — mit den fixen, geometrischen Verhältnissen der sensiblen Punkte an der Peripherie.

9. Auf der Mosaik der sensiblen Hautpunkte und der Empfindungskreise können sich die Gestalten, Entfernungen und Bewegungen der wahrzunehmenden Tastobjecte gleichsam abbilden; und die Seele wird vermöge dieser bestehenden Einrichtung in den Stand gesetzt, die räumlichen Beziehungen der die Haut treffenden Reize aus einander zu halten und anzuschauen.

10. Concentration der Aufmerksamkeit und Uebung des Tastorgans endlich können das Wahrnehmungsvermögen für die Unterschiede der den sensiblen Punkten eigenthümlichen Localzeichen ansehnlich schärfen. Auch von der (durch *Narcotica* u. s. w.) variablen Disposition der Centralorgane ist die Feinheit der Abstufung des Systems der Localzeichen und somit die Grösse der Durchmesser der Empfindungskreise abhängig.

[1] Vielleicht auch unregelmässig begrenzten Flächen?

[2] Jeder sensible Punkt gehört daher vielen Empfindungskreisen an, nimmt aber in jedem derselben eine andere relative Lage zum Mittelpunkte ein.

Zum Beleg dafür lassen sich mancherlei Erfahrungen anführen.

Bei vorurtheilsfreier Erwägung der mitgetheilten zehn Thesen wird man, wie ich glaube, bald zu der festen Ueberzeugung gelangen, dass meine die Ansichten LOTZE's und WEBER's versöhnende Theorie des Raumsinnes der Haut auf einer sicheren, unserem gegenwärtigen geringen Wissen allein vollkommen entsprechenden und jede voreilige oder nicht hinreichend begründete Annahme streng ausschliessenden Basis ruhe, und sowohl Jenen, welche die Wahrnehmung der räumlichen Beziehungen der äusseren Objecte auf dem Wege der »Auffassung«, als Jenen, welche dieselbe nur auf dem Wege der »Wiedererzeugung der Räumlichkeit« erklären zu können meinen, wesentlich genügen dürfte. Auch kenne ich keine Thatsache, welche sich nicht auf die ungezwungenste Weise mit meiner Theorie in Zusammenhang bringen und deuten liesse.

Wollte man aber einwerfen, dass meine Theorie Nichts eigentlich erkläre, indem sie gewissermaassen nur eine Umschreibung der Thatsachen sei, so könnte ich darauf hinweisen, dass WEBER's, LOTZE's und MEISSNER's Hypothesen durchaus Nichts besser erklären, dagegen aber zum Theil unbegründete Annahmen herbeiziehen, zum Theil mit gewissen Thatsachen nicht in Einklang zu bringen sind.

Der von mir eingeschlagene Weg erscheint mir als der vorläufig einzig mögliche und der besonnenen empirischen Forschung allein entsprechende.

Uebrigens halte ich meine Darstellung durchaus nicht für abgeschlossen, und es ist mir überhaupt nur um die Sache, nicht um das Rechthaben zu thun, weshalb mir jeder fördernde Widerspruch, jede freundliche Zurechtweisung willkommen sein wird.

Die Fortbildung der Theorie und die Erforschung der Thatsachen in anderen Richtungen auf eine spätere Zeit verschiebend, beschränke ich mich hier nur darauf, Einiges auszuführen und mitzutheilen, was sich hauptsächlich auf die Messung der Empfindungskreise, auf die Würdigung der von LOTZE zusammengestellten Einwürfe gegen die Existenz der festen Empfindungskreise überhaupt, und auf die experimentelle Begründung dieser Annahme gegenüber der LOTZE-MEISSNER'schen Hypothese bezieht.

§ 8. Ueber Messung der Empfindungskreise.

Es ist LOTZE, welcher zuerst darauf aufmerksam gemacht hat, dass der nach WEBER's alter Methode als Einheit empfundene Raum,

für ungleichzeitige Erregungen die Möglichkeit differenter Raumempfindung birgt.

Aus dieser Thatsache ergibt sich, nach den vorausgeschickten Begriffsbestimmungen, zunächst der Schluss, dass die wahren Empfindungskreise einen kleineren Durchmesser haben müssen, als jene Bezirke, innerhalb welcher zwei gleichzeitige Eindrücke nicht mehr räumlich unterschieden werden, und dann die doppelte Aufgabe: 1. den Grund der verschiedenen Feinheit des Wahrnehmungsvermögens für Raumbeziehungen gleichzeitiger und ungleichzeitiger Erregungen zu ermitteln, und 2. eine Methode aufzufinden, welche die Durchmesser der Empfindungskreise, wo möglich, direct und genau misst.

Ad 1. Vor Allem haben wir uns zu erinnern, dass die Erregung der zu einem Empfindungskreise gehörigen sensiblen Punkte die Möglichkeit aller und jeder differenten Raumempfindung ausschliesst, dass somit Empfindungen nicht eher irgend welche räumliche Beziehungen zu einander erhalten können, als bis nicht der Abstand der erregten Punkte wenigstens etwas grösser ist, als der Durchmesser eines Empfindungskreises.

Um einfach die Lage zweier auf einander folgender, zeitlich aus einander gehaltener Eindrücke zu beurtheilen, wird es daher — für den ersten Moment der späteren Berührung — im Allgemeinen genügen, dass der Abstand der erregten sensiblen Punkte den Durchmesser eines Empfindungskreises übersteigt (Taf. 19, Fig. 4 *a*, *b*), während zwei gleichzeitige Erregungen bei demselben Abstande in eine (vielleicht etwas längliche, aber jedenfalls) räumlich untrennbare Empfindung unaufhaltsam zusammenfliessen müssen; da eine deutliche, totale, räumliche Unterscheidung und Trennung des gleichen oder verschiedenen qualitativen Inhalts gleichzeitig erregter Empfindungen offenbar nur möglich ist, wenn wir eine Vorstellung von dem dieselben trennenden Zwischenraum bekommen.

Diese Vorstellung beginnt, nach meiner Lehre von der Interferenz der Empfindungskreise, zu entstehen, nachdem einmal der Abstand der gleichzeitig erregten sensiblen Punkte so gross geworden ist, dass sich keine der betreffenden Empfindungskreise mehr interferiren[1] (Fig. 4 *a*, *c*), kann aber erst dann vollkommen deutlich werden, wenn der fragliche Zwischenraum durch ein ganzes Raumelement höherer Ordnung repräsentirt wird, d. h. wenn zwischen die

[1] Vergl. oben S. 373 Anmerkung und Thesis Nr. 8.

einander zugekehrten Grenzen der betreffenden Empfindungskreise ein ganzer Empfindungskreis zu liegen kommt (Fig. 4 *a*, *d*).

Mit diesen Consequenzen, welche sich aus keiner der anderen Theorien so klar ableiten lassen, stimmt es nun auf eine erfreuliche und überraschende Weise zusammen, dass (wie mein der Wissenschaft zu früh entrissener, ehemaliger Mitschüler R. LICHTENFELS mit feiner Beobachtungsgabe hervorgehoben hat[1]), »die Ueberschreitung jener Distanz, für welche zwei (gleichzeitige) Eindrücke als unzweifelhafte Einheit erscheinen, nicht sogleich mit dem vollen Bewusstsein einer Doppelempfindung sich verknüpft und ebenso umgekehrt«.

Ausser jenem Raume, in welchem ein Verschmelzen gleichzeitiger Eindrücke stattfindet, und jenem an dessen Grenzen die beiden Eindrücke völlig getrennt bleiben, existirt also wirklich noch ein mittlerer Raum, in dem die erzielten Empfindungen noch nicht entschieden getrennt, aber auch nicht mehr verschmolzen erscheinen.

Die Breite dieses mittleren Raumes entspricht, beiläufig bemerkt, dem Durchmesser eines Empfindungskreises (Fig. 4 *c*, *d*) und beträgt immer weniger als den dritten Theil der Distanz zwischen *a* und *d*.

Hiermit scheint nun der bisher kaum geahnte Grund des Widerspruches der Beobachtungen über die Feinheit des Wahrnehmungsvermögens für die räumlichen Beziehungen gleichzeitiger und ungleichzeitiger Eindrücke auf eine sehr einfache, naturgemässe, aus meiner Theorie von selbst sich ergebende Weise genügend erklärt zu sein.

Schliesslich muss ich noch eines interessanten Umstandes gedenken, welcher uns auf ein bisher unberührtes, hier in Betracht kommendes Moment hinweist. Ich meine die Bemerkung LOTZE's[2]: »dass man oft, auch wenn die Zirkelspitzen gleichzeitig aufgesetzt werden, deutlich zwei Empfindungen erhält, die erst später zu einer einzigen verschmelzen«. Es dürfte nämlich, falls die LOTZE'sche Beobachtung nicht etwa doch auf einer Täuschung in Folge ungleichzeitigen Aufsetzens der Zirkelspitzen beruht, hieraus mit Nothwendigkeit auf eine analoge Erlahmung[3]) der sensiblen Elemente der Haut und auf eine Abstumpfung des Unterscheidungsvermögens des Raumsinnes, wie eine solche im Gebiete anderer Sinne in Folge andauernder Erregung der Nervensubstanz längst constatirt ist, zu schliessen sein.

Ad 2. Die alte WEBER'sche Messungsmethode wird, nach den

[1] Vgl. Wiener Sitzungsber. 1851, Bd. VI, S. 341.

[2] A. a. O. S. 403.

[3] Vgl. HOPPE's Med. Briefe XII. Heft, 1854. 47. Brief. HOPPE geht jedoch entschieden zu weit!

vorausgeschickten Auseinandersetzungen, zwar neben ihrem historischen, immer noch auch einen praktischen Werth zur Bestimmung der Feinheitsverhältnisse des Raumsinnes der Haut und zur etwaigen Berechnung des Durchmessers der Empfindungskreise, welcher, wie oben beiläufig bemerkt wurde, stets weniger als den dritten Theil der nach WEBER gemessenen Abstände betragen muss, behalten; allein sie taugt nur in jener sinnreichen Form, in welcher sie von R. LICHTENFELS angewendet wurde, zu einer genaueren indirecten Messung dieser Diameter, und macht die neue Methode, welche ich auf die Beobachtung der, zur Unterscheidung räumlicher Beziehungen ungleichzeitiger Eindrücke erforderlichen Distanzen zu gründen gedenke, durchaus nicht überflüssig.

R. LICHTENFELS hat nämlich in Folge der oben citirten Beobachtung für nöthig erachtet, nicht nur den Abstand zu messen, bei welchem zwei gleichzeitige Eindrücke eine deutliche Doppelempfindung zu veranlassen beginnen, sondern auch jenen, bei welchem die Verschmelzung der Eindrücke zu einer einfachen, räumlich untrennbaren Wahrnehmung ihre Grenze hat.

Leider hat LICHTENFELS seine Messungen nur an einer einzigen Stelle (an der Dorsalfläche des rechten Unterarmes), bei longitudinalem Ansetzen der Zirkelspitzen in der Mittellinie, ausgeführt und sechs derartige Versuchsreihen in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Ergebniss der	Grenze der einfachen Empfindung	Beginn der deutlichen Doppelempfindung
1. Versuchsreihe	25 mm	29 mm
2. -	28 -	34 -
3. -	26·5 -	32·5 -
4. -	27 -	33 -
5. -	26 -	28 -
6. -	26 -	35 -
Mittel	26·4 mm	32 mm
Grösse d. Schwankung	3 -	6 -

Aus dieser Tabelle ergibt sich, dass, während die Grenze der einfachen Empfindung kaum variabel ist, indem die Schwankung von 3 mm auf Rechnung der Beobachtungsfehler kommt, das Urtheil über den Beginn der vollen Doppelempfindung um die kleine Grösse von 6 mm schwankt, und — was schon LICHTENFELS nicht für zufällig ansieht — der Raum, in welchem das Urtheil sich zweifelhaft verhält; 32—26, dieselbe Grösse, nämlich 6 mm hat.

Erscheint es schon an und für sich wünschenswerth, alle Regionen des Tastorgans nach dem LICHTENFELS'schen Verfahren, soweit dasselbe anwendbar ist, zu prüfen, so dürfte doch die Wichtigkeit dieser Aufgabe erst in Erwägung der Deutung und Bedeutung, welche die, durch die angezogenen Messungen ermittelten Thatsachen nach meiner Lehre von den Empfindungskreisen erhalten, recht deutlich in die Augen springen.

Im Sinne dieser Lehre stellt es sich nämlich heraus, dass die von LICHTENFELS gemessenen Abstände den Punkten a, c und d meiner Schemen Fig. 5, 6, 7 (Taf. 19) — und somit auch die Differenz 32—26 = 6 mm der Differenz $ad - ac = cd$ entsprechen.

Nun ist aber cd (= 6 mm) nahezu = dem Durchmesser eines Empfindungskreises; es diente also das LICHTENFELS'sche Verfahren zur indirecten Messung der Empfindungskreise. In Uebereinstimmung damit wäre es denn auch, dass der gefundene Durchmesser des Empfindungskreises, nämlich 6 mm, in der That auch weniger als den dritten Theil von 32 mm, d. i. vom Abstand ad, und weniger als die Hälfte von 26 mm, d. i. vom Abstand ac beträgt.

Ich darf es hier beiläufig wohl als eine sprechende Bestätigung meiner Deutung anführen, dass unter den 32 von LICHTENFELS a. a. O. mitgetheilten Messungen, welche zum Theil unter normalen Verhältnissen, zum Theil nach der Einnahme von Atropin, Daturin, Morphin, Strychnin, Alkohol u. s. w. angestellt wurden, nur zwei (überdies verdächtige) Fälle vorkommen, in welchen die Grösse cd mehr als den dritten Theil von ad und mehr als die Hälfte von ac beträgt.

Aus meiner Deutung der Thatsachen ergibt sich ferner, dass:

$$2\,cd + x = ac, \quad (12 \text{ mm} + x = 26 \text{ mm})$$

$$\text{und } 3\,cd + x = ad, \quad (18 \text{ mm} + x = 32 \text{ mm}).$$

Dieses x wäre aber der doppelte Halbmesser jenes Zerstreuungskreises, welcher jeden auch noch so beschränkten Tastreiz umgibt: es diente also das LICHTENFELS'sche Verfahren auch zur Bestimmung der Zerstreuungskreise.

Ich habe schon oben in der 5. These darauf hingewiesen, »dass bei der Einwirkung jedes Druckes, jedes Tastreizes ein Complex von sensiblen Punkten erregt wird.« Hier ist es endlich am Orte, auf dieses wichtige Verhältniss näher — wenn auch nur andeutungsweise — einzugehen.

Schon MEISSNER sagt in seinen vortrefflichen Beiträgen zur Anatomie und Physiologie der Haut, Leipzig, 1853, S. 44: »Ein jeder Reiz, welcher die Haut an irgend einer Stelle trifft, wird nothwendig,

mag er noch so beschränkt und fein sein, mehr als einen sensiblen Punkt treffen, da einerseits an vielen Hautstellen die sensiblen Punkte so nahe an einander gerückt sind, dass schon die Wirkung des Reizes in gerader, senkrechter Richtung ihrer mehrere treffen muss, und da andererseits neben dieser Wirkung auch eine in seitlicher Richtung, im Umkreise jener, stattfinden muss, gewissermaassen ein Zerstreuungskreis des Reizes gebildet wird;« »und so ist es denkbar, dass vielleicht die Erregung der Punkte, welche dem Zerstreuungs- oder Irradiationskreise eines Reizes angehören, in irgend welcher Weise für die Seele das Localzeichen des Reizes ausmacht, dessen eigener qualitativer Inhalt dann durch die Wirkung in gerader Richtung, durch die Erregung der Punkte, welche das Centrum des Irradiationskreises bilden, wahrgenommen würde.«

Man kann in der That annehmen, dass die einzelnen Localzeichen der sämmtlichen, durch die volle Wirkung des Tastreizes erregten sensiblen Punkte für die erzielte Empfindung ein Localzeichen höherer Ordnung zusammensetzen würden, welches, gegenüber dem rein physikalischen, als der physiologische Irradiationskreis zu betrachten wäre, während der eigene qualitative Inhalt des Reizes durch die Erregung der Punkte im Centrum des Irradiationskreises zur Wahrnehmung käme.

Von der Grösse des rein physikalischen Irradiationskreises, welche vom Druck, von der Elasticität der Haut, von der Beschaffenheit der Umgebung u. dgl. abhängt, bekommt man näherungsweise eine Vorstellung, wenn man darauf achtet, in welchem Umkreise um den Berührungspunkt herum die Haut, durch eine senkrecht aufgesetzte stumpfe Bleistiftspitze z. B., in Bewegung geräth. Schon bei mässigem Drucke entsteht eine trichterförmige Vertiefung, nach deren Mittelpunkt hin die Haut gezerrt und angespannt wird. Eine momentane Berührung mag eine ähnliche kreisförmige Erregungswelle zur Folge haben, wie etwa ein ins Wasser geworfener Stein. Man überzeugt sich so, durch Beobachtung der Haut, leicht, dass der physikalische Irradiationskreis einen Durchmesser von einigen Linien bis zu mehreren Zollen haben kann!

Es ist jedoch nicht anzunehmen, dass der rein physikalische Zerstreuungskreis, dessen Wirkung gegen die Peripherie hin allmählich erstirbt, in seiner ganzen Ausdehnung für den physiologischen, d. h. für das Localzeichen höherer Ordnung in der Art verwerthet werde, dass er gewissermaassen ein Hinderniss für die räumliche Unterscheidung mehrerer Tastreize abgeben könnte. In welcher (möglicherweise sehr variablen) Ausdehnung er aber wirklich in dieser Beziehung

als Hinderniss in Betracht kommt, ergibt sich eben aus dem später anzuführenden Verfahren.

So findet man aus den obigen Gleichungen $x = 14$ mm, während der rein physikalische Zerstreuungskreis gewöhnlich einen weit grösseren Durchmesser besitzt.

Dies Alles sind Andeutungen, welche in der Zukunft genau verfolgt und bestimmt formulirt werden müssen, und welche ich überhaupt nur vorbringe, um merken zu lassen, dass ich gewisse Consequenzen und Bedenken nicht übersehen habe, die man vielleicht aus der Existenz der Irradiationskreise gegen meine Deutung der Thatsachen wird ziehen und dagegen wird erheben wollen, dass ich das, was oben ad 1 über die nothwendigen Abstände der erregten Punkte a, b, c und d, sofern die durch dieselben vermittelten Empfindungen räumliche Beziehungen erhalten sollen, sich ergab, hier auch von den Abständen der (schattirten) Irradiationskreise $\alpha a \alpha$, $\beta b \beta$, $\gamma c \gamma$ und $\delta d \delta$ (vergl. die Schemen Fig. 5, 6 und 7, welche die drei möglichen Fälle erläutern, wo der Durchmesser der Irradiationskreise kleiner, gleich und grösser ist als der Durchmesser der Empfindungskreise) behaupten möchte.

In den Schemen Fig. 5, 6 und 7 ist $a\alpha = b\beta = c\gamma = d\delta = \frac{x}{2}$, $\alpha\alpha = \beta\beta = \gamma\gamma = \delta\delta = x$, und daher auch $\alpha a + c\gamma = \alpha a + d\delta = x$, $ac = 2ab + x$, $ad = 3ab + x$, $ab = cd$ u. s. w. —

Was nun die neue Messungsmethode betrifft, welche ich, wie gesagt, auf die Beobachtung ungleichzeitiger Eindrücke zu gründen gedenke, so besteht sie einfach darin, dass man die Spitzen eines Zirkels nach einander und in bestimmter Distanz von einander, mit der Haut in Berührung bringt und darauf achtet, bei welcher Distanz der Beobachter mit Sicherheit angeben kann, wo sich der spätere Eindruck, ob oben oder unten, rechts oder links von dem früheren, befindet.

So lange der Beobachter über die Lage des späteren Eindruckes sich irren kann, so lange sind wir berechtigt anzunehmen, dass der gemessene Abstand nicht grösser ist, als der Durchmesser eines Empfindungskreises. Erst wenn der Beobachter die Lage des zweiten Eindruckes mit voller Sicherheit zu bestimmen beginnt, beträgt der gemessene Abstand wenigstens den Durchmesser eines Empfindungskreises, welcher somit den unteren Grenzwerth oder vielmehr den Nullpunkt der Scale darstellt.

Dies gilt wahrscheinlich selbst dann, wenn die Irradiationskreise bedeutend grösser sind als die Empfindungskreise, weil sich die Local-

zeichen höherer Ordnung auch unter diesen Umständen nicht früher, als es dem Zweck der Messung entspricht, aus hinreichend differenten Raumelementen zusammensetzen können; obschon hier die Möglichkeit einer beiläufigen Bestimmung der Richtung, in welcher der zweite Eindruck stattfindet, vielleicht auch schon dann gegeben sein könnte, wenn *ab* noch kleiner als der Durchmesser eines Empfindungskreises ist; da die äussersten der, durch beide Irradiationskreise erregten Punkte (α und β, Taf. 19, Fig 8) jedenfalls bereits verschiedenen weit aus einander liegenden Empfindungskreisen angehören.

Nach dieser Methode würde also näherungsweise der Abstand *ab* gemessen, welcher = *cd* ist und somit ebenfalls stets weniger als den dritten Theil von *ad* und weniger als die Hälfte von *ac* betragen muss. (Fig. 5, 6, 7).

Man sieht leicht ein, wie die neue Methode und das Lichtenfels'sche Verfahren gegenseitig sich ergänzen und controliren können und müssen. [1])

Einige vorläufige Versuche, meine Methode praktisch in Anwendung zu bringen, haben mich gelehrt, dass ein gewöhnlicher Zirkel kein passendes Instrument dazu ist, indem die zu messenden Abstände meist so klein sind, dass man das Nacheinander der Berührungen durch Neigen des Zirkels nur sehr unbequem und unvollkommen bewerkstelligen kann.

Ich habe mir daher zu meinen Messungen einen eigenen Stangenzirkel machen lassen, dessen ein Schenkel kürzer und in verticaler Richtung beweglich ist, so dass er bei noch so geringem Abstande von dem andern horizontal verschiebbaren Schenkel beliebig wann mit dem Finger bis auf die Haut herabgedrückt werden kann. (Vgl. Taf. 19, Fig. 9, und die Erklärung der Abbildungen S. 391).

Die folgenden Tabellen enthalten eine Anzahl von Bestimmungen der Grössen *ab*, *ac* und *ad*, aus welchen sich x, d. h. der in Betracht kommende Durchmesser des Irradiationskreises, leicht berechnen lässt.

Die Spitzen des zu diesen Messungen gebrauchten Stangenzirkels (Fig. 9) hatten einen Durchmesser von je 0,4'''. Zur Untersuchung sehr feinfühlender Hautstellen dürften feinere Spitzen nöthig sein.

[1] Dem wahren Durchmesser der Empfindungskreise kann man sich offenbar oft noch mehr nähern, wenn man nicht nur die Differenz $ad - ac$, und die Distanz berücksichtigt, welche nöthig ist, um ungleichzeitige Eindrücke hinsichtlich ihrer Lage zu beurtheilen, sondern auch noch die Grenzen jener Bezirke, innerhalb welcher die Lage ungleichzeitiger Eindrücke nicht mehr wahrgenommen werden kann.

A. Versuche an einem weiblichen Individuum von 26 Jahren.

Theil der Haut	Abstand der ungleichzeitigen Eindrücke = *ab*	Abstand der gleichzeitigen Eindrücke		*ad* — *ac* = *cd*
		Grenze der einfachen Empfindung = *ac*	Beginn der deutlichen Doppel-Empfindung = *ad*	
Handrücken	2 · 3 W. L.	6 · 0 W. L.	9 · 0 W. L.	—
	1 · 5‴	5 · 0‴	6 · 7‴	—
	1 · 5‴	4 · 3‴	5 · 1‴	—
Mittel . .	1 · 7‴	5 · 1‴	6 · 9‴	1 · 8‴
Vorderarm, Mitte der Rückenfläche . . .	2 · 5‴	7 · 0‴	10 · 0‴	—
	1 · 7‴	12 · 0‴	13 · 6‴	—
	1 · 7‴	5 · 2‴	9 · 7‴	—
	1 · 9‴	10 · 0‴	—	—
	2 · 5‴	—	—	—
Mittel . .	2 · 0‴	8 · 5‴	11 · 1‴	2 · 6‴

B. Versuche an einem männlichen Individuum von 30 Jahren.

Theil der Haut	*ab*	*ac*	*ad*	*ad* — *ac* = *cd*
Handrücken	1 · 9‴	7 · 2‴	9 · 4‴	—
	1 · 8‴	6 · 0‴	8 · 0‴	—
	2 · 2‴	8 · 0‴	10 · 3‴	—
Mittel . .	1 · 9‴	7 · 0‴	9 · 2‴	2 · 2‴
Vorderarm, Mitte der Rückenfläche . . .	3 · 5‴	11 · 0‴	14 · 3‴	—
	5 · 0‴	6 · 7‴	11 · 3‴	—
	3 · 7‴	9 · 3‴	12 · 4‴	—
Mittel . .	4 · 0‴	9 · 0‴	12 · 7‴	3 · 7‴
Oberarm, Mitte der Rückenfläche . . .	4 · 7‴	13 · 8‴	15 · 3‴	—
	5 · 1‴	12 · 8‴	16 · 2‴	—
	4 · 5‴	11 · 4‴	21 . 3‴	—
	5 · 0‴	12 · 0‴	—	—
Mittel . .	4 · 8‴	12 · 5‴	17 · 6‴	5 · 1‴

Die Resultate dieser Messungen, welche auf alle Hautregionen ausgedehnt und mit grösster Sorgfalt geprüft werden sollten, stimmen zwar mit den Forderungen meiner Lehre überraschend genau zusammen, allein schliesslich muss ich doch hervorheben, dass es in der Natur der Sache, d. h. unserer Empfindungen liegt, dass alle, durch derartige verhältnissmässig grobe Messungen gewonnenen Zahlen, nur mit der grössten Vorsicht und Zurückhaltung für oder gegen theoretische Forderungen und Hypothesen zu benutzen sind; indem mancherlei Beobachtungsfehler mit unterlaufen können, die sich zum

Theil vielleicht nicht einmal durch Berechnung von Mittelwerthen, aus sehr zahlreichen Beobachtungen, ganz eliminiren lassen; wodurch in diesem Bezug die Möglichkeit, d. h. der wissenschaftliche Werth der Messungen freilich ganz in Frage gestellt würde.

Dieses Bedenken erhebe ich nun natürlich auch gegen meine eigenen, in Nr. XXV (§ 1, 2 und 3) mitgetheilten Messungen, welche ich überdies noch insofern als unvollkommen bezeichnen muss, als sie nur nach einer (der alten WEBER'schen) Methode ausgeführt wurden.

§ 9. Beleuchtung der von Lotze[1]) zusammengestellten Einwürfe gegen die Existenz „fester" Empfindungskreise.

Obschon LOTZE's Einwürfe nur gegen die ältere, in der That »ingeniös gedachte Deutung der Thatsachen« von WEBER gerichtet sind und weder WEBER's neuere Fassung, welche gewisse allgemein getheilte Missverständnisse berichtigt hat, noch auch meine eigene Lehre von den Empfindungskreisen wesentlich berühren, so bringe ich dieselben doch noch einmal hier zur Sprache, erstens um zu zeigen, wie wenig LOTZE berechtigt war am Schlusse seiner Auseinandersetzung den Satz: »die festen Empfindungskreise existiren daher nicht,« ganz allgemein hinzustellen; und zweitens um eine passende Gelegenheit zu haben, einige auf diesen Gegenstand bezügliche Bemerkungen von allgemeiner Wichtigkeit anbringen zu können.

Was zunächst den ersten Punkt betrifft, so konnte LOTZE, nach meinem Dafürhalten, in Erwägung der von ihm zusammengestellten Bedenken, nur die Existenz solcher festen Empfindungskreise leugnen, wie sie im Sinne der älteren WEBER'schen Lehre gewöhnlich (aber irrthümlich) aufgefasst wurden, denn die Annahme gewisser Bezirke von bestimmter Gestalt und Grösse, welche in der Haut die nächsten Elemente unseres Raumbildes repräsentiren und als »feste Empfindungskreise« zu bezeichnen wären, ist im Allgemeinen durch jene Bedenken durchaus nicht widerlegt.

Wenn wir auf die einzelnen Einwürfe LOTZE's näher eingehen, so erkennen wir nämlich bald, dass sie dem Wesen der festen Empfindungskreise gar nicht widersprechen.

So sagt LOTZE a. a. O. S. 402: »Denken wir uns einen dieser Empfindungskreise, z. B. am Oberarm, wo er ja eine Ausdehnung von mehr als einem Zolle haben kann, aus den Raumpunkten *a*, *b*, *c*, *d*

[1] A. a. O., S. 204.

u. s. w. zusammengesetzt, so würde es eine Consequenz der Ansicht von WEBER sein, dass nicht nur die gleichzeitige Berührung der Punkte *a* und *d* als eine Empfindung wahrgenommen würde, sondern die Empfindung würde auch dieselbe bleiben müssen, ob wir nun mit einer einzigen Zirkelspitze *d* oder *a* berühren. Wenn wir daher die Zirkelspitze nach manchfachen Richtungen auf der Haut herumführen, ohne doch die Grenzen dieses Empfindungskreises zu verlassen, so könnten wir dadurch keine Wahrnehmung einer Bewegung erhalten, sondern Alles würde sich verhalten, als würde beständig derselbe Punkt erregt.«

Hieraus ist aber im besten Falle offenbar nichts weiter zu schliessen, als dass die festen und wahren Empfindungskreise eben einen kleineren Durchmesser haben müssen, als jene Bezirke, innerhalb welcher gleichzeitige Eindrücke zu einer räumlich untrennbaren Wahrnehmung verschmelzen, nicht aber etwa, dass überhaupt keine festen Empfindungskreise existiren.

Denn mit dem wahren Begriff eines festen Empfindungskreises ist es gar nicht unvereinbar, dass Empfindungen, die durch Erregung der zu einem Empfindungskreise gehörigen sensiblen Punkte entstehen, qualitativ verschieden seien und von der Seele in intensiver Weise aus einander gehalten und unterschieden werden könnten. Die Ununterscheidbarkeit der innerhalb eines Empfindungskreises erzielbaren Empfindungen bezieht sich nämlich lediglich auf ihre räumlichen Beziehungen, und so ist es denn so lange kein Widerspruch, dass wir es erlernen, eine ruhende Berührung von einer bewegten Berührung selbst innerhalb eines wahren Empfindungskreises wohl zu unterscheiden, so lange, sage ich, als dies nicht durch Wahrnehmung der Verschiedenheit irgend welcher räumlichen Beziehungen geschieht und wir nicht zugleich etwa eine Vorstellung von der Richtung dieser Bewegung bekommen.

Dass es aber wirklich Bezirke in der Haut gibt, innerhalb welcher durch eine leise Berührung mit einem in bestimmter Richtung bewegten Körper — wenn sie ohne alle Hautverschiebung erfolgt — die Vorstellung einer Bewegung ohne angebbare Richtung erweckt werden kann, ist eine Thatsache. [1])

[1] So fühlt man z. B. auch sehr deutlich, dass ein Haar irgend eines unterstützten Körpertheiles leise bewegt und hin und her gebogen wird, ohne eine Ahnung davon zu haben, in welcher Richtung dies geschieht. Beiläufig mache ich darauf noch aufmerksam, dass unser Wahrnehmungsvermögen, unter allen räumlichen Beziehungen, für die Richtung bewegter Eindrücke am schärfsten (an manchen Orten sogar fast unbegrenzt) zu sein scheint, indem wir dieselbe

Man muss sich wohl hüten, die Vorstellungen, welche wir dem Raumsinn des Tastorgans verdanken, mit jenen Wahrnehmungen zu confundiren, welche der Tastsinn der Haut vermittelt.

Aehnlich verhält es ich mit einem andern Bedenken, das LOTZE S. 401 vorbringt. LOTZE findet es unvereinbar mit der Existenz fester Empfindungskreise, wenn man im Stande sein sollte, innerhalb eines solchen einen Kreis von einer Kreisfläche, einen Ring von einem gleichgrossen Petschaft zu unterscheiden: allein er hätte nur dann Recht, wenn er beweisen könnte, dass die Unterscheidung der beiden Eindrücke durch den Raumsinn in Folge der wirklich wahrgenommenen, verschiedenen Gestalt und räumlichen Ausdehnung der gereizten Hautstelle geschieht, und wenn nicht überdies factisch Bezirke in der Haut existirten, innerhalb welcher eine solche Unterscheidung ganz unmöglich ist.

Hinsichtlich der durch die alte WEBER'sche Methode direct gemessenen Bezirke, die aber freilich nicht für die wahren Empfindungskreise gelten können, mag LOTZE in gewisser Beziehung nicht Unrecht haben, obschon selbst innerhalb dieser Bezirke die Wahrnehmung der räumlichen Beziehungen der durch den Querschnitt eines soliden Stabes und einer gleichgestalteten Röhre erregten Empfindungen eine so vage ist, dass wir den Umriss und die verschiedene Gestalt jener beiden Tastobjecte nicht zu erkennen im Stande sind, ihre etwaige Unterscheidbarkeit daher wesentlich nur auf unräumlichen Kennzeichen beruhen muss.

Ein drittes Bedenken LOTZE's bezieht sich lediglich auf die, aus der alten, missverstandenen WEBER'schen Ansicht fliessende Consequenz, dass die Empfindungskreise »von einer ganz schmalen Linie schärfster Unterscheidungsfähigkeit« umzogen sein müssten. Damit hat es nun freilich seine volle Richtigkeit, allein dieser Einwurf ist nur gegen die alten WEBER'schen, nicht gegen die Empfindungskreise überhaupt gerichtet.

Viertens endlich weiss LOTZE »der sonderbaren Folgerung nicht zu begegnen, welche KÖLLIKER aus WEBER's Annahmen zieht. Es seien *a*, *b*, *c*, *d*, *e* auf einander folgende Punkte des Oberarms. Zwei

meist schon vor Ueberschreitung eines jener Bezirke angeben können, innerhalb welcher uns noch nicht einmal die gegenseitige Lage ungleichzeitiger Eindrücke deutlich ist. Dies findet aber seine genügende Erklärung wesentlich darin, dass der rein physikalische Zerstreuungskreis eines bewegten Eindruckes keiner Kreiswelle vergleichbar ist, sondern etwa jener Welle, welche ein bewegter Kahn auf dem Wasserspiegel zieht, und überdies *caeteris paribus* (in Folge der Hautverschiebung) stets grösser ausfallen mag, als der eines unbewegten Eindruckes.

Spitzen in *a* und *b* werden als eine empfunden, *a* und *b* mithin von derselben Primitivfaser versorgt: aber *b* und *c* gleichzeitig erregt, geben auch nur eine Empfindung: die Nervenfaser für *c* ist also dieselbe wie für *b*, folglich auch wie für *a*; zwei Spitzen in *c* und *d*, in *d* und *e* geben wieder nur eine Empfindung, also reichte dieselbe Faser auch bis *e*, und sofort über die ganze Körperoberfläche. Gleichwohl ist es nach WEBER's vollkommen bestätigten Versuchen Thatsache, dass wenn *a* und *b*, und dann *b* und *c* zusammengereizt nur eine Empfindung geben, doch die gleichzeitige Berührung von *a* und *c* deren zwei geben kann.«

Auch dieser letzte Einwurf beweist nichts gegen die Existenz der »festen« Empfindungskreise überhaupt, an welcher wir daher unbeirrt festhalten können; ob auch müssen, wird der folgende Paragraph beleuchten.

Hier will ich nur noch einen scheinbar gewichtigen, speciell gegen meine Lehre von den Empfindungskreisen gerichteten Einwurf, welcher einige Aehnlichkeit mit der zuletzt erwähnten »sonderbaren Folgerung« KÖLLIKER's hat, im Voraus begegnen und damit vielleicht wesentlich zum richtigen Verständnisse meiner Auffassung der Empfindungskreise beitragen.

Es seien *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* . . . auf einander folgende sensible Hautpunkte. Je drei derselben mögen zu einem Empfindungskreise gehören; *a*, *b*, *c* fallen mithin in eine Raumeinheit höherer Ordnung zusammen; aber *b*, *c* und *d* gehören ebenfalls zu einem Empfindungskreise; *d* fällt also mit *b* und *c*, folglich auch mit *a* zusammen u. s. f.

Auf diesem Wege würde man dazu kommen, dass sämmtliche sensiblen Punkte der Haut nur eine einzige, ungegliederte Raumeinheit repräsentiren, dass somit meine Annahme einer Interferenz der Empfindungskreise *ad absurdum* führe, und aus diesem Grunde unstatthaft sei.

Zu demselben Endresultate würde man gelangen, wenn man jene Argumentation gewissermaassen umkehrte: weil *d* einem andern Empfindungskreise angehört als *a*, so kann es nicht mit *a* zusammenfallen, *c* gehört aber zu einem Empfindungskreise mit *d*, also kann *c* (wie *d*) wiederum nicht mit *a* zusammenfallen, obschon es mit *a* ebenfalls zu einem Empfindungskreise gehört . . . *quod est absurdum*.

Allein diese widerspruchsvollen Folgerungen, welche übrigens nicht exacter gedacht sind, als wenn man etwa beweisen wollte, dass 1000 Weizenkörner keinen Haufen bilden können, weil ein Korn und noch eines keinen bilden, oder aber, dass schon ein Korn einen Haufen repräsentiren muss, weil 999 (d. h. 1000—1) Körner auch noch

einen Haufen ausmachen, beruhen nur auf einem Missverständniss meiner Auffassung der Empfindungskreise und ihrer Interferenz, und sind nicht zulässig. Denn die Localzeichen α, β, γ . . . der sensiblen Punkte a, b, c . . ., welche einem Empfindungskreise angehören, sind durchaus nicht identisch an sich, sondern nur in so fern nahezu identisch für uns, als sie eben ein Raumelement höherer Ordnung repräsentiren.

Wir haben es hier mit verschwindend kleinen Differenzen zu thun, die aber darum noch nicht Null sind.

Die Empfindungskreise sind nach meiner Auffassung eben nur ein, ich möchte sagen, graphischer Ausdruck der Feinheit der »fixen« Gliederung des, an die sensiblen Punkte der Haut geknüpften Systems der Localzeichen.

§ 10. Experimentum crucis.

Lotze und Meissner leugnen zwar auf der einen Seite die Existenz der »festen« Empfindungskreise ganz und gar, und glauben alle Thatsachen, welche die Physiologie des Tastorgans festgestellt hat, befriedigend nach dem Satze deuten zu können, »dass zwei Empfindungen um so deutlicher geschieden werden je differenter, um so undeutlicher, je identischer ihr qualitativer Inhalt sammt den Localgefühlen ist, die sich an ihn knüpfen«; allein auf der andern Seite sagen sie selbst: »es genügt nicht, dass jede Stelle der Haut dem sie treffenden Reiz ein besonderes ihr eigenthümliches Localzeichen verleiht, sondern alle diese Localzeichen müssen Glieder einer geordneten Reihe, eines abgestuften Systems vergleichbarer Elemente sein«, und geben also eigentlich denn doch zu, dass die Seele gewissermaassen ein Bild von den geometrischen Verhältnissen in der Anordnung der sensiblen Hautpunkte — eben durch jenes abgestufte System von Localzeichen — erhalte und im Stande sei, vermöge dieser bestehenden Einrichtung die die Haut treffenden Reize, hinsichtlich ihres Ortes, zu bestimmen. Damit ist aber zugleich auch wieder die Existenz der »festen« Empfindungskreise wenigstens nach meiner Auffassung, nach welcher sie, so zu sagen, nichts anderes sind, als der graphische Ausdruck der Feinheit der fixen Gliederung jenes Systems der Localzeichen, zugestanden!

In der That, behufs einer allseitig befriedigenden Deutung der Thatsachen ist es nicht nur (vgl. § 9) erlaubt, sondern, so weit ich sehe, unumgänglich nothwendig, an diesen »festen« Empfindungskreisen festzuhalten.

Denn wie wollte man sonst die folgenden Erfahrungen erklären?

1. Vergrössert man stetig den Abstand zweier gleichzeitiger Eindrücke, die bereits so weit von einander entfernt sind, dass sie eine deutliche Doppelempfindung geben, so wächst auch stetig der zwischen den beiden erzielten Empfindungen wahrgenommene Zwischenraum. Meissner sagt: »Ist die Erregung von *a* sensiblen Punkten erforderlich, um einen in obigem (Meissner's) Sinne als physiologische Einheit functionirenden Irradiationskreis zu bilden, so werden die Irradiationskreise zweier Reize, welche innerhalb einer Hautstrecke erfolgen, wo nur *a* sensible Punkte sind, aus denselben sensiblen Punkten sich zusammensetzen, und somit ein und dasselbe Localzeichen für beide Reize vermitteln, welche also nicht gesondert empfunden werden; sie werden erst gesondert wahrgenommen werden, wenn sie so weit von einander gerückt sind, dass ihre Irradiationskreise sich jeder aus *a* verschiedenen Punkten zusammensetzt, oder vielleicht einen Theil der sie bildenden sensiblen Punkte verschieden haben.«

Allein es ist nicht einzusehen, wie damit die, mit der wachsenden Entfernung der Tastreize correspondirende Vergrösserung des wahrgenommenen Zwischenraumes, welcher die beiden Empfindungen trennt, erklärt werden soll, da ja schon vom Beginn der deutlichen Doppelempfindung an, die »Irradiationskreise sich jeder aus *a* verschiedenen Punkten zusammensetzt«, ausser man nimmt an, dass eben die Localzeichen der sensiblen Punkte, in Folge der bestehenden Einrichtung des Tastorgans, einem stetig abgestuften, mit den geometrischen Verhältnissen correspondirenden Systeme von fixer Gliederung angehören.

2. Nehmen wir an, es seien zwei Zirkelspitzen in solcher Entfernung von einander und gleichzeitig auf eine beliebige dehnbare Hautstelle (z. B. die Lippe) aufgesetzt worden, dass sie als zwei räumlich gesonderte Eindrücke wahrgenommen werden, so erklärt sich dies nach Meissner so, dass bei diesem Abstande jede der beiden Zirkelspitzen »*a*« verschiedene sensible Punkte, deren Erregung eben erforderlich ist, um »einen als physiologische Einheit functionirenden Irradiationskreis zu bilden«, erregen kann und wirklich erregt, während wir nach unserem Principe der festen Empfindungskreise den Grund der Erscheinung darin finden werden, dass die Zirkelspitzen sensible Punkte treffen, welche wahrscheinlich um mehr als das Dreifache des Durchmessers eines Empfindungskreises von einander abstehen.

Dehnen wir nun das betreffende Hautstück aus (wodurch die sensiblen Punkte desselben auf eine grössere Fläche zerstreut werden), und setzen die Zirkelspitzen in derselben Entfernung, wie vor

der Dehnung wieder auf, so werden dieselben, wie der Versuch lehrt, entweder gar nicht mehr, oder doch durch einen geringeren Zwischenraum getrennt, wahrgenommen.

Auch diese Erfahrung erklärt sich noch fast gleich gut nach beiden Hypothesen: nach MEISSNER, indem sich die relative Zahl der sensiblen Punkte, in Folge der Dehnung, dermaassen verringert hat, dass die Zirkelspitzen nun nicht mehr die erforderliche Anzahl von je »*a*« sensiblen Punkten erregen können: nach meiner Auffassung, indem die Zirkelspitzen, in Folge der ein- oder allseitigen Vergrösserung des Durchmessers der festen Empfindungskreise, sensible Punkte treffen, welche Empfindungskreisen angehören, die um weniger Durchmesserweiten von einander entfernt liegen als jene Empfindungskreise, welchen die vor der Dehnung erregten Punkte angehörten.

Der Versuch lehrt aber weiter, dass, wenn man unter den angeführten Umständen den Abstand der beiden Zirkelspitzen um ein Bestimmtes, das ein gewisses Minimum überschreiten muss, vergrössert, dieselbe räumliche Unterscheidung der Eindrücke, wie vor der Dehnung der Haut, auch wieder eintritt, trotz der Zerstreuung der sensiblen Punkte und trotz der durch die Spannung etwas veränderten Färbung der Tastempfindung.

Dieses leicht zu constatirende Factum lässt sich, wie mir scheint, nur durch die Annahme »fester« Empfindungskreise in der Haut auf ungezwungene Weise erklären, indem es dann von selbst einleuchtet, wie durch die Vergrösserung des Abstandes der Zirkelspitzen von einander wieder die Berührung jener Empfindungskreise, zwischen denen die erforderliche Anzahl unberührter Raumelemente liegt und mithin die frühere räumliche Trennung der Eindrücke ermöglicht wird; während man nach MEISSNER's Hypothese durchaus nicht begreift, was das Auseinanderrücken der Zirkelspitzen nützen soll und kann, da ja die Zirkelspitzen bei der durch die Hautausdehnung gesetzten Zerstreuung der sensiblen Punkte, trotz der Vergrösserung ihres gegenseitigen Abstandes, doch niemals wieder, wie vor der Dehnung, die erforderlichen »*a*« sensiblen Punkte zu erregen im Stande sein werden, man möchte denn der Annahme der festen Empfindungskreise, nach welcher Alles so einfach sich deuten lässt, die Ausflucht vorzuziehen geneigt sein, dass unter den durch die Dehnung eintretenden Verhältnissen entweder eine geringere Anzahl von sensiblen Punkten als »*a*« schon hinreichend sei, »um einen als physiologische Einheit functionirenden Irradiationskreis zu bilden«, oder die Zirkelspitzen sich mit grösseren Irradiationskreisen umgeben würden, durch welche

abermals jene früher »erforderlichen« »*a*« sensiblen Punkte erregt werden könnten.

Meines Erachtens jedoch scheitert an der Erklärung dieser einfachen Versuche und der sub 1 angeführten Erfahrungen, welche uns zur Annahme »fester« Empfindungskreise in der Haut zu zwingen scheinen, die von Meissner gegebene, sonst eben so sinnreiche, als elegante Ausführung der Lotze'schen Principien.

Ich schliesse mit dem Satze: feste Empfindungskreise existiren daher gewiss, und mit der kurzen Erklärung: Die sensiblen Punkte bilden in der Haut eine Art von Mosaik, von der die Seele durch das, mit der Erregung der sensiblen Punkte verknüpfte, stetig, aber mit verschiedener Feinheit abgestufte System von Localzeichen, gewissermaassen ein Bild erhält, zusammengesetzt aus einer Vielheit von einfachen Raumelementen, welche in verschiedener, aber bestimmter Anzahl zu Raumeinheiten höherer Ordnung, den sogenannten festen Empfindungskreisen, zusammenfliessen, so dass die Seele im Stande ist, vermöge dieser bestehenden Einrichtung die die Haut treffenden Reize hinsichtlich ihres Ortes zu bestimmen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 19.

Fig. 1 erläutert den in Nr. XXVI angegebenen neuen Versuch zur Demonstration der Chromasie des Auges, welche sich bei falscher Accommodation geltend macht. *K* ist der Durchschnitt des Kartenblattes, in das der Löchelchenkreis gestochen ist; *a* und *b* sind zwei vom Schnitte getroffene Löchelchen, *adc* und *bcd* die durch dieselben ins Auge fallenden Lichtkegel; *cv*, *dv* die violette, *cr*, *dr* die rothe Grenze der chromatischen Abweichung. Die erstere bildet nach, die letztere vor der Durchkreuzung der Strahlen im zusammengebrochenen Lichtkegel den äusseren Mantel des Kegels und ist, so weit dies der Fall, durch volle Linien angedeutet, übrigens nur punktirt. Die sechs Ovale repräsentiren die, je nach dem Stande des Accommodationspunktes auf die Netzhaut (*R*, *R'*, *R''*) fallenden Zerstreuungskreise der Leuchtpunkte *a* und *b*. Steht der Accommodationspunkt jenseits des Kartenblattes (*R'*), so bilden die rothen Strahlen die äusserste Grenze der Zerstreuungskreise, steht er diesseits desselben (*R''*) — die blauen. Ist das Auge für die Entfernung von *a* und *b* accommodirt (*R*), so ist auch die chromatische Abweichung fast Null. Es versteht sich von selbst, dass sich dort, wo sich die Zerstreuungskreise (auf der Linie *AX*) berühren, die Intensität der Farbensäume erheblich verstärken muss.

Fig. 2 und 3 zeigen, dass und warum der Zerstreuungskreis eines Leuchtpunktes, *a*, durch ein von beliebiger Seite her gegen die Mitte der Pupille vorgeschobenes Kartenblatt (*K*) von derselben oder von der entgegengesetzten Seite her auf der Netzhaut verdunkelt werde, je nachdem in Folge des Accommodationszustandes der Vereinigungspunkt der Strahlen *o*, hinter (Fig. 2) oder vor (Fig. 3) die Netzhaut fällt.

Fig. 4, 5, 6, 7 und 8. Schematische Darstellungen der Empfindungskreise in der Haut, welche die Erörterungen des § 8, Nr. XXX erläutern. Fig. 4 ist ein idealer Grenzfall.

Fig. 9. Neuer Stangenzirkel zu Tastversuchen in natürlicher Grösse. Der kürzere Schenkel (*A*) kann, durch Druck des Fingers auf die Platte *d*, nach unten verschoben werden und kehrt durch die Wirkung der Feder *e*, von selbst in seine frühere Lage zurück. Der längere Schenkel (*B*) ist an der Hülse (*H*) befestigt, welche an der Stange (*S*) läuft und ein viereckiges Fenster hat, dessen zugeschärfter unterer Rand mit einem Nonius versehen ist, so dass man an der Stangentheilung den Abstand der Zirkelspitzen bis auf Zehntel einer Wiener Linie genau ablesen kann. Da der senkrecht bewegliche kürzere Schenkel (*A*) durch die Schraube *c* in beliebiger Höhe festgestellt werden kann, so dient der Stangenzirkel eben so gut zur Erzielung gleichzeitiger als ungleichzeitiger Eindrücke. Vgl. § 8, ad 2.

XXXI.

Zur Orientirung im Gesammtgebiete der Zoologie.

[Vorlesung, gehalten beim Antritt seines Lehramtes, als Professor der Zoologie an der Universität zu Gratz, im Sommersemester 1854/5. (Als Brochüre erschienen. Leipzig, Engelmann 1855).]

M. H.!

Es ist mir der ehrenvolle Auftrag geworden, an der hiesigen Hochschule Zoologie zu lehren.

Im Begriffe, meine Vorträge zu eröffnen, habe ich nach dem streng systematischen Gange der Wissenschaft zunächst damit zu beginnen, die Zoologie zu definiren, ihre Aufgabe näher zu bestimmen, die Gliederung in ihre einzelnen Theile zu begründen und so eine Skizze des Umfangs und Inhalts dieser Wissenschaft zu entwerfen.

Ich wählte das bezeichnete Thema, abgesehen von der Forderung des systematischen Lehrganges, auch deshalb zum Gegenstande meiner Antrittsvorlesung, weil es mir die beste Gelegenheit bietet, Sie, m. H.! sowohl im Gesammtgebiete der Zoologie, als auch über meinen wissenschaftlichen Standpunkt und über die Richtung meiner künftigen Thätigkeit zu orientiren. —

Zoologie (von ζῶον und λόγος) heisst und ist ganz allgemein die Wissenschaft von den Thieren; sie hat die Aufgabe, die Thiere in allen ihren Beziehungen zu erforschen, unter allen irgend möglichen Gesichtspunkten zu betrachten und umfasst daher die Summe all' unseres Wissens von den Thieren. —

So viele Gesichtspunkte es gibt, unter welchen sich die Thiere betrachten lassen, so viele Systeme von Wahrheiten, so viele Zweige oder Theile der Wissenschaft werden sich ergeben. Nebst diesen sollen aber dann auch noch jene Disciplinen in unserer Skizze einen Platz und eine Erwähnung finden, welche — ohne als solche gerade integrirende Bestandtheile der reinen Wissenschaft auszumachen — doch in das Gebiet der Zoologie gehören.

Jedes organische, daher auch jedes thierische Wesen, kann man zunächst unter zwei verschiedenen Gesichtspunkten betrachten: »einmal im Zustande der organischen Ruhe, das andere Mal im Zustande der Thätigkeit — als fähig zu leben und als wirklich lebend«.

Diesen beiden Gesichtspunkten entspricht die alte BLAINVILLE'sche Eintheilung der Biologie in die statische und die dynamische.

Uns spaltet sich hiernach das zoologische Wissen:

I. in die Lehre von der Zusammensetzung der thierischen Organismen, d. h. in die Lehre von den Formen und den Stoffen derselben; und

II. in die Lehre von den Leistungen und Lebenserscheinungen der thierischen Organismen.

Ad I. Die erstere zerfällt wieder, wie bereits angedeutet, in die Formenlehre und in die Stofflehre.

Die Formenlehre oder Morphologie[1]) erhält ihr Material durch die Zoographie, welche die äussere Beschreibung der Thiere oder die Zoographie im engern Sinne und die Zootomie (d. h. die Histiographie, Organographie und Zoomorphose) umfasst, und »hat dieses Material in einer seiner Bedeutung entsprechenden Form zu ordnen und die Gesetze der thierischen Gestaltung festzustellen«.

Die Stofflehre betrachtet die Stoffe, aus welchen die thierischen Organismen zusammengestellt sind, in chemischer und physikalischer Beziehung und zerfällt demgemäss in die Zoochemie und Zoophysik.

Ad II. Die letztere, die Zoophysiologie[2]) hat die Aufgabe, die Leistungen des Thierleibes festzustellen und sie aus den elementaren Bedingungen desselben mit Nothwendigkeit herzuleiten — zu erklären und findet ihr Material sowohl in der Formen- und Stofflehre, als auch in der vergleichenden Biographie, welche sich mit der Ermittelung und Beschreibung der sämmtlichen somatischen und psychischen Lebenserscheinungen und Lebensäusserungen der Thiere beschäftigt.

Die vergleichende Biographie steht zur Physiologie in einem ähnlichen Verhältnisse, wie die Zoographie zur Morphologie und zur Physiologie.

Dass ich die Entwickelungsgeschichte, die Zoomorphose, in das

[1] J. Victor CARUS: System der thierischen Morphologie. Leipzig 1853. W. Engelmann.

[2] Anatomisch-physiologische Uebersicht des Thierreichs von BERGMANN und LEUCKART. — Stuttgart 1855. Müller.

Bereich der Zootomie und nicht, wie es gewöhnlich geschieht, in jenes der Physiologie gestellt habe, wird man gerechtfertigt finden, wenn man bedenkt, dass die Zootomie ihrem Begriffe nach nicht auf die Zergliederung der erwachsenen Thiere beschränkt werden kann, sondern die Anatomie der Thiere in allen Alterszuständen umfassen muss. Und was ist denn die Zoomorphose in ihrer gegenwärtigen Bearbeitung Anderes, als die Anatomie der einzelnen Entwicklungsstadien bestimmter Thierindividuen in chronologischer Folge und Anordnung? Ja, in dieser Beziehung ist die Zootomie, wenn nämlich darunter, wie gewöhnlich, die Anatomie der erwachsenen organisch vollendeten Thiere verstanden wird, nur ein aus der Entwicklungsgeschichte herausgerissenes Blatt! Freilich lässt sich die Bildung der Organismen auch unter dem physiologischen Gesichtspunkte betrachten, allein dann entsteht eine ganz andere Wissenschaft als die heutige Zoomorphose, eine Wissenschaft, die ein Zweig der Physiologie ist, deren Bearbeitung aber zum grössten Theil der Zukunft vorbehalten bleibt.

III. Ein dritter Gesichtspunkt, unter welchem die Thiere erscheinen, führt zur Betrachtung derselben nach ihrer Verbreitung im Raume und in der Zeit. Hiernach spaltet sich das zoologische Wissen in die G e o z o o l o g i e[1]) oder Thiergeographie und in die P a l a e o z o o l o g i e oder Thiergeschichte. Das Wort Palaeozoologie scheint für den Begriff der Thiergeschichte zwar zu eng, indem die Thiergeschichte das Auftreten der verschiedenen Thierformen auf der Erde durch alle Schöpfungsepochen hindurch bis inclusive auf die Gegenwart zu verfolgen hat; allein wir können das Wort in Ermangelung einer andern Beziehung um so eher beibehalten, als der grösste Theil der Thiergeschichte längst vergangene Perioden der Entwicklung des Thierreichs behandelt und selbst die gegenwärtige Phase derselben nicht n u r der Gegenwart, sondern auch bereits der (jüngsten) Vergangenheit — dem Anfang der jetzigen Schöpfungsperiode nämlich — angehört.

Die unermessliche Fülle des unter den bezeichneten drei Gesichtspunkten gewonnenen Wissens von den Thieren und ihrer Natur drängt zur Gruppirung und Zusammenfassung der erkannten Thierformen in kleinere und grössere, natürliche Abtheilungen nach der V e r w a n d t s c h a f t ihrer Organisation und ihrer Lebenserscheinungen.

Unter diesem IV. Gesichtspunkte entsteht eine neue Disciplin der wissenschaftlichen Zoologie — die S y s t e m a t i k, die als »thierische Verwandtschaftslehre« zur Aufstellung des n a t ü r l i c h e n S y s t e m s

[1] L. K. SCHMARDA: die geographische Verbreitung der Thiere. Wien 1853. Gerold.

der thierischen Organismen führt, welches letztere in gewisser Hinsicht als die allesumfassende Aufgabe, als das ferne Endziel der zoologischen Bestrebungen, als die Zoologie κατ' ἐξοχήν bezeichnet werden kann.

Das leitende Princip der systematischen Zoologie, welches man zuerst in äussern Merkmalen, dann im innern Bau der Thiere suchte, glaubt man endlich in der Entwicklungsgeschichte [1]) gefunden zu haben. Allein auch dieser neueste Standpunkt, als ein ausschliesslich morphologischer, scheint immer noch zu einseitig — der richtige nicht zu sein, denn da die Art, *Species*, deren Begriff anerkanntermaassen die Grundlage aller systematischen Bestrebungen ausmacht, »eine bestimmte, abgeschlossene und sich selbst erhaltende Form des organischen Lebens« [2]) ist, so wird das leitende Princip der zoologischen Systematik offenbar ein morphologisch-physiologisches sein müssen, wenn dessen praktische Durchführung auch noch nicht an der Zeit sein sollte.

Was übrigens das entwicklungsgeschichtliche Princip betrifft, welches einen eben so warmen als gewandten Fürsprecher in meinem Freunde HENSEL gefunden hat, so kann ich einige kritische Bemerkungen über die Tragweite desselben hier nicht unterdrücken.

Nach HENSEL's Darstellung könnte es scheinen, als ob nun mit der Aufstellung und Anwendung dieses Princips alle Unbestimmtheit und Schwierigkeit der wissenschaftlichen Systematik erledigt und beseitigt wäre, als ob sich jetzt die Begründung der wahren systematischen Einheiten und die Beurtheilung der Dignität der charakterisirenden Merkmale so ohne weiteres von selbst ergeben würde.

HENSEL sagt a. a. O. S. 3: »Nennen wir ‚Wissenschaft' ein System von Sätzen, deren jeder seine Wahrheit aus dem vorangehenden ableitet, und deren ersten dieselbe entweder a priori oder aus schon bewiesenen Sätzen einer andern Wissenschaft besitzt, so werden wir an jede Disciplin, die sich Wissenschaft nennt, das Verlangen stellen, für die Wahrheit ihrer Lehrsätze auch den nöthigen logischen Beweis zu liefern. Dies auf die Zoologie angewendet, so werden wir es nicht stillschweigend hinnehmen können, wenn z. B. CUVIER unter dem Begriff der Wirbelthiere eine grosse Anzahl von Thieren vereinigt, deren Centraltheile des Nervensystems von einer Rückenwirbelsäule umschlossen werden. Wir werden alsbald nach dem Beweise für die Berechtigung einer solchen systematischen Einheit fragen, aber leider

[1] R. HENSEL: das leitende Princip der systematischen Zoologie. Breslau 1852. Grass, Barth u. Comp.

[2] R. LEUCKART: Ueber den Polymorphismus der Individuen: S. 2. Giessen 1851. Ricker'sche Buchhandlung.

unbefriedigt bleiben; denn, dass eine solche Wirbelsäule allen jenen Thieren gemeinschaftlich sei, ist noch lange nicht der geforderte Beweis. Warum sollen wir nicht das geschlossene Gefässsystem oder die in ihm circulirende Flüssigkeit von eigenthümlicher Zusammensetzung als ein gemeinschaftliches Merkmal aller Wirbelthiere ansehen können? Und was hilft uns nun aus der Verlegenheit, welches jener Merkmale wir als den Ausdruck eines besondern Grundtypus und somit als ein zusammenfassendes Moment anwenden sollen? Denn auch dadurch unterscheidet sich das natürliche System wesentlich von allen künstlichen, dass es, wie die Natur selbst, nur ein einziges ist und dass die Merkmale, welche es jedem Complex von Thierformen voranstellt, die einzigen charakterisirenden sind und somit die Berechtigung aller andern ausschliessen, denn sie sind stets der Ausdruck eines Grund- oder abgeleiteten Typus und nicht als augenfällige Erscheinungen willkürlich erwählt. Wir werden also im natürlichen Systeme nie sagen, dieses oder jenes Merkmal »könne«, sondern »müsse« als charakteristisch angeführt werden, ein Muss, welches zugleich die Nothwendigkeit eines Beweises und somit eine wissenschaftliche Basis voraussetzt. Demzufolge wird auch das wissenschaftliche System frei bleiben von allen negativen Diagnosen, wie von der Zulässigkeit von Ausnahmen. Immer, wo wir diese finden, sind sie uns das sicherste Zeichen, dass das aufgestellte Gesetz seinem ganzen Wesen nach unrichtig oder wenigstens nicht allgemein genug gewesen ist« . . .

»Cuvier hat, wie schon gesagt, den Typus der Wirbelthiere richtig erkannt, aber er musste uns den Beweis für seine systematische Berechtigung schuldig bleiben, denn das Gewordene lässt sich nur im Werden begreifen, und dafür war Cuvier's Zeit noch nicht vorbereitet. — Betrachten wir den Begriff der Species als den speciellsten im gesammten Systeme, indem für uns die Art das Gleichartige, keine Theilung mehr Zulassende umfasst, so muss nothwendiger Weise diesem speciellen Begriff der allgemeinere, übergeordnete, der der Gattung (*Genus*) vorangehen, oder, was dasselbe ist, der Organismus muss, ehe er als vollendete Form mit allen seine Species charakterisirenden Merkmalen versehen auftritt, vorher die, welche ihn einer bestimmten Gattung beiordnen, an sich aufzuweisen haben; und sofort müssen am Organismus je früher, desto allgemeinere Charaktere, am Beginn der Entwickelung aber die allgemeinsten oder Grundtypen auftreten. Wir haben also ein Recht, den schon von C. E. v. Baer, dem Vater der heutigen Zoologie, aufgestellten Satz, dass sich aus einem allgemeinen Typus stets der speciellere hervorbilde, als ein allgemein giltiges Gesetz auszusprechen. Dass dieses Gesetz auch wirklich mit der Er-

fahrung übereinstimme, lehrt uns die Beobachtung. — Diese zeigt nämlich, dass alle Wirbelthiere in den ersten Stadien ihrer embryonalen Entwickelung einander völlig gleich sind; denn die erste Spur des werdenden Embryo besteht bei ihnen allen in der sogenannten *Chorda dorsalis*, der Grundlage der künftigen Wirbelsäule. Dieser als zuerst auftretende Charakter verschafft uns also auch den allgemeinsten Begriff des Thieres, den des Wirbelthieres. Nun erst haben wir ein Recht die Vertebraten als solche zu charakterisiren, indem uns die Entwickelungsgeschichte einen Ausdruck für den ihnen gemeinschaftlichen Grundtypus an die Hand gab und dadurch zugleich jede andere Charakterisirung als nicht mit der Natur übereinstimmend und darum künstlich und unwissenschaftlich ausschloss.«

»Nach der Anlage der Wirbelsäule treten allmählich die Charaktere auf, welche die grössern und dann die, welche die kleinern Abtheilungen der Wirbelthiere bezeichnen.« —

Gegen diese sonst sehr ansprechende Auseinandersetzung ist aber zu bemerken, dass sich das v. BAER'sche Gesetz, mit welchem HENSEL's Ansicht steht und fällt, abgesehen von der Gruppe der wirbellosen Thiere, deren Entwickelungsgeschichte durch das Auftreten der Metamorphose und des Generationswechsels vorläufig allzu entwickelt erscheint, um darauf näher einzugehen, nicht einmal für den Kreis der Wirbelthiere als eine durchgreifende, allgemein gültige, mit der Erfahrung übereinstimmende Norm, durch Beobachtung nachweisen lässt.

Ja, die neuesten Thatsachen, welche BISCHOFF's, des Embryologen, Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte von *Cavia cobaya*[1]) zu Tage gefördert haben, werfen die von HENSEL vertretene Anschauungsweise geradezu über den Haufen.

Obschon die gleich zu erwähnenden Beobachtungen bisher noch ganz vereinzelt und als unerhörte Ausnahmen, welchen nur das Gewicht einer Autorität wie BISCHOFF's eine Geltung sichern kann, dastehn; so wird man — wenn auch mit Bedauern — nichts destoweniger zugeben müssen, dass das entwickelungsgeschichtliche Princip in der vorliegenden Fassung widerlegt und zu Grunde gerichtet sei.

Hier heisst es nun mit HENLE »die Tugend der Entsagung im intellectuellen Gebiete« üben, denn gegenüber von Thatsachen lässt sich auch eine Lieblingsidee nicht aufrecht erhalten!

Die fraglichen destructiven Resultate der BISCHOFF'schen Untersuchungen sind aber folgende; a. a. A. S. 48:

[1] Entwicklungsgeschichte des Meerschweinchens von TH. L. BISCHOFF. Giessen 1852. Ricker'sche Buchhandlung.

»Die Lehre v. BAER's über die blätterige Bildung des Keims findet auch bei der Keimblase des Meerschweinchens ihre Bestätigung. Allein es zeigt sich hier eine von allen bisher bekannten Thiereiern verschiedene Anordnung dieser Blätter. Das vegetative Blatt ist nämlich das äusserste der Eiblase; das animale bildet sich von Anfang an als kleines, an dem freien, nicht angewachsenen Pole des Eies gelegenes, geschlossenes Bläschen; das Gefässblatt liegt zwischen beiden und entwickelt sich an der innern Seite des vegetativen Blattes. In Folge dieser Anordnung der Blätter des Keims hat der sich bildende Embryo die gerade umgekehrte Lagerung in Beziehung auf das Ei, wie andere Embryonen; er liegt mit seinem Bauche nach aussen, mit dem Rücken nach innen gegen die Eiblase hin gerichtet. In Folge der uranfänglichen Bildung des animalen Blattes als einer geschlossenen Blase ist ferner die Entstehung des Amnion bei dem Meerschweinchen eine ganz andere, wie bei andern Embryonen. Die eine Hälfte dieser Blase wird nämlich Amnion, während sich in der andern der Körper des Embryo entwickelt.«

Was die Allantois betrifft, so »ergab sich das unerwartete Factum, dass dieselbe sich nicht nur unabhängig von den »WOLFF'schen Körpern, von welchen noch mehrere Tage lang keine Spur bemerkbar ist, sondern selbst unabhängig von dem Embryo, kann man sagen, als ein Bestandtheil der Embryonalanlage selbst noch vor dem Auftreten der Primitivrinne und somit als der erste bestimmt erkennbare Embryonaltheil ausbildet« (a. a. O. S. 34).

Der werdende Meerschweinchenembryo charakterisirt sich also durch das Auftreten von Amnion und Allantois, früher als höheres Wirbelthier, d. h., als zum Unterkreise der Säuger, Vögel und Reptilien gehörig, dann als Wirbelthier überhaupt, indem die *Chorda dorsalis* in welcher HENSEL den jede andere Charakterisirung ausschliessenden Ausdruck für den den Vertebraten gemeinschaftlichen Grundtypus sieht, erst später zur Entwickelung kommt als jene beiden den Untertypus der höhern Wirbelthiere im Gegensatze zu dem Typus der Fische und Amphibien charakterisirenden Gebilde.

Der Satz »dass am Organismus je früher, desto allgemeinere Charaktere auftreten müssen«, welcher als prägnante Formulirung des von HENSEL vertretenen leitenden Princips der systematischen Zoologie betrachtet werden kann, ist hiernach entweder an und für sich falsch, oder es sind die aufgestellten Merkmale nicht die wahren typischen, ausschliesslich charakterisirenden Merkmale.

Die Bedeutung des chronologischen Auftretens der Merkmale, des zeitlichen Momentes in der Bildungsgeschichte des Embryo, auf welches

HENSEL so viel Nachdruck legt, erscheint nun wesentlich verringert — wenn nicht gar auf Null reducirt.

Ich glaube jedoch mit der Widerlegung der von HENSEL vertretenen Anschauungsweise die systematische Wichtigkeit der embryonalen Merkmale, abgesehen von ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge, keineswegs angetastet zu haben. —

Nach diesem etwas langen Excurse zum eigentlichen Gegenstande meines Vortrags zurückkehrend, bemerke ich, dass die bereits aufgezählten Disciplinen, welche sich in Folge jener vier verschiedenen Gesichtspunkte ergeben hatten, den ganzen wesentlichen Inhalt der eigentlichen wissenschaftlichen Zoologie erschöpfen.

Im Bereiche der allgemeinen Zoologie[1] stehen aber noch einige Nebendisciplinen, welche in unserer Skizze der Vollständigkeit wegen einen Platz finden müssen.

Diese Disciplinen gehören zum Theil der Medicin an, wie die Zoopathologie, die Teratologie und die Zoiatrik, zum Theil sind es Zusammenstellungen verschiedener Bruchstücke der Zoologie selbst oder verschiedener für den praktischen Zoologen wichtiger Erfahrungen und Gegenstände, welche nicht als selbständige auf ein eigenthümliches Princip gegründete Wissenschaften zu betrachten sind, sondern bloss der Bequemlichkeit halber zu bestimmten Zwecken für Aerzte, Pharmaceuten, Oekonomen und Zoologen abgesondert bearbeitet werden.

Hierher rechne ich als »angewandte Zoologie« die medicinische, pharmaceutische und ökonomische Zoologie und endlich auch, Manchem vielleicht unerwartet, die künstliche Taxonomie, das künstliche System.

Nachdem ich noch angemerkt habe, dass unter der hier anschliessenden Rubrik »zoologische Praxis« die Taxidermie und dergleichen für den praktischen Betrieb der Wissenschaft werthvolle und nützliche Kenntnisse unterzubringen sind, und dass endlich die Geschichte der Zoologie, welche den Entwickelungsgang der Wissenschaft zum Gegenstande hat, und die gesammten zoologischen Disciplinen gewissermaassen resumirt, unsere Skizze naturgemäss abschliesst; gehe ich zur Rechtfertigung der Stellung über, welche ich der künstlichen Systematik unter den zoologischen Disciplinen anweisen zu müssen geglaubt habe.

Diese Rechtfertigung erscheint um so nothwendiger und dringender, als die richtige Würdigung der künstlichen Systematik auf Opposition

[1] Wir folgen hierin wesentlich der trefflichen Bearbeitung der allgem. Zoologie von H. G. BRONN in Heidelberg; vergl.: Allgemeine Zoologie von BRONN. Stuttgart 1850. Franckh'sche Buchhandlung.

stossen dürfte, indem leider! die Mehrzahl der sogenannten Zoologen die Aufstellung eines Thiersystems nach zufälligen, meist äusseren in die Augen fallenden Merkmalen, noch immer für die eigentliche, wesentliche Aufgabe der Wissenschaft zu halten sich nicht entblödet. Der Fundamentalunterschied der künstlichen von dem natürlichen Systeme liegt, wie HENSEL a. a. O. S. 2 treffend sagt, darin »dass in jenen die Vereinigung aus der Trennung hervorgeht, in diesem im Gegentheile die Trennung Folge der Vereinigung ist«; dass in jenen die Begrenzung der Gruppen eine zufällige ist, in diesem eine nothwendige. Künstlicher Systeme gibt es daher viele, das natürliche System kann nur Eines sein.

Ein künstliches System hat an und für sich als etwas wesentlich Zufälliges, offenbar keine Bedeutung, keinen Werth, und erhält Beides erst mit der Beziehung auf einen praktischen Zweck — auf das »Bestimmen« der Thiere.

Das natürliche System hat Werth und Bedeutung an und für sich; jenes ist Mittel zum Zweck, dieses Selbstzweck; jenes dient dem Wissen, — dieses ist Wissen!

Ein künstliches System hat demnach nur in so weit einen Werth und eine Berechtigung, als es zur leichten, schnellen und sicheren Bestimmung der Thierspecies, d. h. als *clavis zoologica* brauchbar ist und die Uebersicht der Thierformen erleichtern kann; das natürliche System hingegen ist nur in so weit es selbst, als die Natur in ihm ihren wahren und vollständigen Ausdruck findet. Freilich muss jenes vorläufig zugleich auch als Surrogat für das natürliche System betrachtet werden und dienen, da dieses bis jetzt noch ein *pium desiderium* ist, allein es dürfte wohl nichts destoweniger genügend gerechtfertigt sein, dass wir die wissenschaftliche Systematik als einen Theil der wissenschaftlichen Zoologie, die künstliche Taxonomie hingegen als jenen Theil der angewandten Zoologie aufgeführt und hingestellt haben, welcher den Uebergang von dieser zur zoologischen Praxis vermittelt.

So wie die andern Theile der angewandten Zoologie nur zur Bequemlichkeit für Aerzte, Pharmaceuten und Oekonomen bearbeitet werden, gerade eben so soll und kann das künstliche System vernünftiger Weise nur zur Bequemlichkeit Jener bearbeitet werden und dienen, welche ein zoologisches Register brauchen und aus irgend einem Grunde zu erfahren wünschen, mit welchem Namen die Zoologen ein bestimmtes Thier belegt haben und zu bezeichnen gewohnt sind. —

Als Resumé des zur Orientirung im Gesammtgebiete der Zoologie Mitgetheilten lasse ich nun eine übersichtliche Zusammenstellung der angeführten Disciplinen folgen:

Das gesammte Gebiet der Zoologie			
B. Wissenschaftl. Zoologie	I. Betrachtung der Thiere im Zustande organ. Ruhe	Formenlehre	1. Zoographie a) Zoographie im eng. S. b) Zootomie (Histiographie Organographie Zoomorphose). 2. Morphologie
		Stofflehre	3. Zoochemie 4. Zoophysik
	II. Betrachtung der Thiere im Zustande ihrer lebend. Thätigkeit		5. vergl. Biographie 6. Physiologie (Psychologie)
	III. Betrachtung der Thiere nach ihrer Verbreitung . . .	im Raume	7. Geozoologie
		in der Zeit	8. Palaeozoologie.
	IV. Betracht. u. Gruppir. d. Thiere nach ihrer natürl. Verwandtsch.		9. Systematik (Das natürl. System)
A. Nebendisciplinen	a. Medicinische Wissenschaften	Krankheitskunde:	Teratologie, Pathologie
		Heilungskunde:	Therapie, Zoiatrik
	b. Angewandte Zoologie		Medicinische Zoologie Pharmaceutische Zoologie Oekonomische Zoologie Künstliche Taxonomie (*Clavis zoologica*)
	c. Zoologische Praxis .		Taxidermie u. dergl.
	d. Entwicklung der Wissenschaft		Geschichte der Zoologie (Literatur)

Die eben aufgezählten Einzeldisciplinen, in welche sich nach unserer Auffassung die wissenschaftliche Zoologie spaltet, haben das Thier zum Object und treffen in dem einen Endziele zusammen »jene Gruppe von Erscheinungen an thierischen Wesen, die man gewöhnlich Leben nennt, ihrem gesetzmässigen Zusammenhange nach zu erkennen«.

Wenn wir nun diese Einzeldisciplinen in eine gemeinschaftliche Darstellung zusammenfassen wollen, »so kommen wir«, wie Bronn a. a. O. S. 3 treffend sagt, »in die Verlegenheit mehrfacher Wiederholung derselben Materie in verschiedener Form, theils weil sie sich grösstentheils nicht mit verschiedenen Objecten beschäftigen, sondern dieselben Objecte nur aus verschiedenen Gesichtspunkten und in anderer Ordnung betrachten, theils aber auch, weil die Anatomie der Thiere z. B. so wenige oder vielmehr gar keine durch das ganze Thierreich hindurchgreifende Bildungen darbietet, dass wir ausser Stande sind, das Thier anatomisch zu charakterisiren, wir können bloss Thiere gewisser Klassen und Ordnungen u. s. w. anatomisch beschreiben, d. h. es gibt nur eine Anatomie der Wirbelthiere z. B. und eine davon fast ganz verschiedene Anatomie der Insecten, der Mollusken, Infusorien. Eine gemeinsame Anatomie des ganzen Thierreiches würde überall zu Vieles aussagen, was in den meisten Fällen nicht wahr ist. Wir müssen aus dieser Ursache der anatomischen Betrachtung, eben so wohl als der chemischen, physiologischen und psychologischen das zoologische System zu Grunde legen, und umgekehrt erfordert das natürliche System eine genaue Betrachtung der Thiere aus allen Gesichtspunkten: der Chemie, der Anatomie, der Physiologie u. s. w., wie denn auch wieder die Physiologie sich in unserer gegenwärtigen Aufgabe schwer, ohne die anatomische Betrachtung der einzelnen Organe sogleich damit zu verbinden, durchführen lässt. Wir müssen daher die oben angedeuteten einzelnen Wissenschaften für unsern Zweck ganz anders behandeln und sie im Ganzen inniger mit einander verschmelzen, als wenn wir jede derselben nur für sich abgeschlossen darzustellen hätten. Wir müssen demnach alle jene Wissenschaften einer unter ihnen, nämlich der Zoologie, unterordnen und können sie in dieser Verbindung nur in sehr ungleichem Grade ausgedehnt vortragen, zumal einzelne Zweige noch nicht selbständig bearbeitet worden sind. Wir müssen endlich obige wissenschaftliche Eintheilung in den einzelnen Unterabtheilungen des Thiersystems wiederholen und so aus den getrennten Theilen ein Ganzes bilden«.

Ich bin auf einem Wege in das Gebiet der Zoologie eingedrungen, welcher — um mich eines Bildes zu bedienen, gleich von vorn herein

auf den höchsten Punkt der Gegend führte — auf einen Punkt, von dem aus Wald und Wiese, Fluss und Hügel, Berg und Thal dem Beschauer in grossen und bestimmten Zügen entgegentreten, während die einzelnen Blätter und Grashalme, Steinchen und Wassertropfen im Gesammtbilde verschwinden. Sind mir daher trotz wiederholter aufmerksamer Wanderung durch Berg und Thal, Wald und Wiese aus der unermesslichen Fülle des Details, so mancher Baum, so mancher Stein und deren Namen auch gänzlich unbekannt, so glaub' ich doch die Gegend besser zu kennen als Jene, welche wohl jedes Blatt im Walde, jedes Sandkorn am Boden zu nennen wissen, aber den Wald vor lauter Bäumen nicht kennen, den Boden vor lauter Sand nicht sehen, weil sie niemals jenen höchsten Punkt erklommen haben, um sich über ihren beschränkten Gesichtskreis zu erheben. Doch ohne Bild zu sprechen: mich führte die anatomisch-physiologische Forschung in das Gebiet der Zoologie; es war mir daher viel wesentlicher zu erfahren, was ein Säugethier, ein Insect, ein Wurm, ein Polyp sei, wie die Lebensverrichtungen der Thiere zu Stande kommen, auf welche Weise sie sich in dieser Hinsicht von anderen Thieren unterscheiden und welche Stelle sie nach ihren verwandtschaftlichen Beziehungen im Thierreiche einnehmen, — als die zwei lateinischen Namen kennen zu lernen, unter welchen ein Thier in den zoologischen Registern geführt wird, oder mir zu merken, dass z. B. *Cyprinus Carpio* 4 Bartfäden besitzt, während *Cyp. Carassius* ganz ohne Bartfäden ist. Die Richtung meiner zoologischen Studien ist hiermit bezeichnet. Ich halte diese Richtung für mindestens ebenso berechtigt, als die jener sogenannten Zoologen, deren Thätigkeit sich darauf beschränkt, die Flossenstrahlen der Fische, die Tarsenglieder der Insecten u. s. w. zu zählen und die Species-Namen auswendig zu behalten. Zwar verkenne ich durchaus nicht die Bedeutung einer möglichst ausgedehnten Kenntniss der zahllosen Thierarten und bezeichne auch ich nur Jenen mit dem Namen eines vollendeten Zoologen, der zugleich Zoognost ist, allein die Specieskrämerei ist und bleibt doch nur Handlangerarbeit gegenüber der grossen Aufgabe der wissenschaftlichen Zoologie. Und wenn man auch kein Gebäude ohne Handlanger aufbauen wird, so kann es doch wohl Niemandem einfallen, die Thätigkeit dieser unentbehrlichen aber untergeordneten Kräfte, jener des Architekten, der den Bau leitet, gleichzustellen.

Nach diesen Andeutungen über meinen wissenschaftlichen Standpunkt versteht es sich wohl von selbst, dass mich nur eine solche Behandlung meines Lehrgegenstandes, wie Leuckart, Bergmann, Vogt und Bronn dieselbe mit Glück versucht haben, befriedigen kann. Da

ich jedoch auf das Bedürfniss meiner künftigen Schüler, welche sich zu Chirurgen, Pharmaceuten oder Gymnasiallehrern auszubilden haben, Rücksicht zu nehmen verpflichtet bin, so darf ich es mir nicht gestatten, ausschliesslich wissenschaftliche Zoologie zu tradiren.

Indem ich nun meinen Vorträgen einen streng wissenschaftlichen Leitfaden zu Grunde zu legen beabsichtige, und sowohl auf die medicinisch, pharmaceutisch und sonst wichtigen Thiere speciell eingehen, als auch eine ausreichende Anleitung zum Bestimmen der Thiere geben werde, glaube ich aber allen Anforderungen zu genügen, welche das h. Ministerium, meine künftigen Schüler und ich selbst machen können.

Mit diesem Programm schliesse ich meine heutige Vorlesung und erlaube mir nur noch die Hoffnung auszusprechen, dass es mir mit Ihrer freundlichen Unterstützung, m. H.! gelingen möge, an der hiesigen Hochschule ein reges wissenschaftliches Leben im Gebiete der Zoologie zu wecken und zur Förderung unser Aller im Gange zu erhalten!

XXXII.

Eine neuro-physiologische Beobachtung an einem Triton cristatus.

Briefliche Mittheilung an Prof. A. Kölliker.

[Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. VII. Bd. 1855.]

Ein Mitte Mai l. J. gefangenes Männchen von *Triton cristatus* verfiel jedes Mal in eine Art von Erstarrung, aus der es sich erst nach mehreren Secunden erholte, wenn ich eine seiner Extremitäten oder seinen Schwanz mit den Branchen einer starken eisernen Pincette fasste und kräftig drückte. Ich bemerkte diese eigenthümliche Erscheinung ganz zufällig, als ich das Thier aus seinem mit Wasser gefüllten Glase in ein anderes bringen wollte und statt der Finger einer Pincette mich bediente. Es waren mir nämlich die Branchen der Pincette mehrmals an dem schlüpfrigen Leibe abgerutscht, weil ich, um dem Thiere nicht weh zu thun, keinen starken Druck ausüben wollte, als ich endlich, ungeduldig über das wiederholte Misslingen meines Vorhabens, den Schwanz des Thieres erfasste und so kräftig und rücksichtslos zusammendrückte, dass mir das Thier nicht entwischen konnte und ich mein Ziel erreichte. Es entging mir nun hierbei nicht, dass das Thier, auf den Boden des anderen ebenfalls mit Wasser gefüllten Glases angelangt, mit krampfhaft geschlossenen Augen in der Stellung, welche es während der bewerkstelligten Uebertragung von dem einen in das andere Glas, vor Schmerz sich windend, angenommen hatte, starr und regungslos einige Secunden lang liegen blieb und erst nach Ablauf dieses Zeitraumes, den Gebrauch seiner Glieder wiedererhaltend, hin und herzufahren begann. Einmal aufmerksam auf diese sonderbare Erscheinung, erkannte ich bald, dass durch kräftiges Quetschen des Schwanzes sowohl als des Oberarmes oder Oberschenkels dieser starrkrampfähnliche Zustand regelmässig hervorgerufen werden konnte. Wurde das Thier an den bezeichneten Stellen erfasst und mit der Pincette tüchtig gequetscht, so wand es sich zunächst immer vor Schmerz und suchte zu entkommen, krümmte sich aber alsbald zusammen, schloss krampfhaft die Augen, und verblieb einige Zeit erstarrt und regungslos in der angenommenen Stellung —

wenn die drückende Pincette auch schon längst entfernt war. Ich wiederholte diesen überraschenden Versuch wohl 15 bis 20 Mal hintereinander, wobei das Thier einen sehr schaumigen, übelriechenden Schleim absonderte und rasch an Kräften abnahm. Ich hatte das Thier in ein weites Gefäss von Blech gethan und bemerkte, dass der beschriebene Zustand der Erstarrung nun auch durch ein starkes Aufschlagen mit der Pincette auf dem Boden des Blechgefässes hervorgerufen werden konnte — ob in Folge der Erschütterung oder des dröhnenden Schalles, lasse ich dahingestellt.

Als ich nach einigen Stunden den Versuch an dem sehr erschöpften Thiere wieder vornehmen wollte, misslang er vollständig; die Reizbarkeit schien erloschen zu sein. Unmittelbar darauf schenkte ich, in einer Anwandlung von Mitleid, dem gequälten Thiere die Freiheit.

Ich hätte nun sehr gewünscht, die mitgetheilte auffallende Erfahrung an mehreren anderen Individuen von *Triton cristatus* zu bestätigen und weiter zu verfolgen, um festzustellen, ob diese Starrsucht nach heftiger Reizung der sensitiven Sphäre als eine dieser Thierspecies allgemein zukommende Erscheinung oder aber als ein blos in Folge einer individuellen Reizbarkeit meines Exemplares eingetretenes, mehr zufälliges Phänomen anzusehen sei? Zu meinem grossen Leidwesen konnte ich aber seit jener Zeit, trotz aller möglichen Bemühungen, auch nicht Ein Exemplar des grossen *Triton cristatus* in unserer Gegend mehr auftreiben und muss ich es einer spätern Zeit oder anderen Forschern, welchen solche Thiere gegenwärtig zu Gebote stehen sollten, überlassen, den Gegenstand weiter zu verfolgen.

Nichtsdestoweniger glaube ich aber Ihnen diese in physiologischer Beziehung gewiss nicht uninteressante — wenn auch nur an Einem Individuum, so doch mit aller Schärfe und Sicherheit gemachte — Beobachtung mittheilen zu sollen, denn wenn sich auch dieselbe später nicht an allen Exemplaren von *Triton cristatus* oder überhaupt gar nicht bestätigen liesse, so bliebe sie darum doch für den Einen Fall nicht minder gewiss und verlöre wenig oder nichts von ihrem neurophysiologischen Interesse.

Hervorzuheben ist noch, dass sich mein Thier, bevor ich auf die mitgetheilten Versuche verfallen war, seit etwa 8 Tagen in der Gefangenschaft befunden und ausgehungert hatte während dieser Zeit, und ferner, dass es seine geschlechtliche Arbeit bereits geleistet zu haben schien, indem der Kamm, welcher die männlichen Tritonen so auffallend ziert und auszeichnet, welk und schlaff, schon in der Schrumpfung begriffen war.

Ich hielt es nicht für überflüssig, diese Umstände, unter welchen

ich meine Beobachtung machte, genauer anzugeben und besonders hervorzuheben, da bekanntlich die nervöse Reizbarkeit anderer Lurche mit der Jahreszeit und gewissen Verhältnissen des Lebensprocesses in unleugbarer Beziehung steht, und daher zu vermuthen ist, dass die Reizbarkeit oder Stimmung des Nervensystems, in Folge deren jene Starrsucht durch peripherische Reize hervorgerufen werden konnte, ebenfalls an gewisse äussere und innere Bedingungen geknüpft sein mag.

Bei den kleineren Arten der Gattung *Triton*, namentlich *Triton taeniatus*, habe ich bisher keine Spur der mitgetheilten Erscheinung eintreten sehen. Diese Thiere suchen augenblicklich zu entfliehen, ohne auch nur einen Augenblick in jene Erstarrung zu verfallen, wenn sie des lästigen Drucks der Pincette ledig sind.

Ich enthalte mich jeder weitern physiologischen Bemerkung, zu welcher der vorliegende Gegenstand wohl anregen könnte, und schliesse diese kurze Mittheilung mit der Erinnerung an eine im Alterthum bereits bekannte, in gewisser Beziehung analoge Erscheinung bei einer ägyptischen Schlangenart. Ich meine das schon von den alten Psyllen prakticirte Erstarren der *Naja haje*, über welche man bei Oken (Allgem. Naturgeschichte, Stuttgart 1836. Thierreich. Bd. III, S. 563) folgende Notiz findet:

»Die sogenannten Zauberer fangen sie (die Haje, Nescher genannt) ebenfalls, reissen ihr die Zähne aus und machen mit ihr allerlei Gaukeleien, um dadurch Geld zu gewinnen. Sie sind namentlich im Stande, sie steif zu machen, dass sie dieselbe wie einen Stock in der Luft hin- und herschwingen können, trotz den Zauberern zu Pharaon's Zeiten, welche Moses zu Schanden machen wollten, der aber die Kunst ebenfalls verstand. Geoffroy St. Hilaire hat nämlich bemerkt, dass sie dieselben mit dem Daumen hinter dem Kopf drückten, wodurch sie den Starrkrampf bekommen und steif werden.« »Die ganze Wirkung kommt hier augenscheinlich von dem Druck auf den Kopf. Geoffroy wollte daher haben, der Gaukler sollte nichts anderes thun, als ihr die Hand auf den Kopf legen. Das betrachtete er aber als einen fürchterlichen Frevel, und that es nicht ungeachtet aller Anerbietungen. Geoffroy drückte ihr dann selbst etwas stark auf den Kopf, und sogleich zeigten sich alle Erscheinungen, welche der Gaukler nur durch seine mysteriösen Gesten hervorzubringen glaubte. Als er dies sah, lief er aus Schrecken davon, weil er dieses Wunder für eine schauderhafte Entheiligung hielt.«

Graz, 30. Mai 1855.

XXXIII.

Ueber den schallerzeugenden Apparat von Crotalus.

[*Zeitschr. f. wissensch. Zoologie etc. 1856. Bd. VIII. S. 294.*]

(Hierzu Taf. 20).

Als Material zur vorliegenden Untersuchung dienten mir zwei wohlerhaltene (circa 3 Wiener Fuss lange) Spiritusexemplare von *Crotalus durissus L.* aus Brasilien, welche ich im k. k. Universitätsmuseum in Graz vorfand, und das Endstück einer Schwanzwirbelsäule sammt Klapper, welches mir der verstorbene Custos DORMITZER in Prag vor mehreren Jahren überlassen hatte.

Alles, was ich in der Literatur über den Gegenstand meiner Untersuchung auffinden konnte, reducirt sich auf ein ins Englische übersetztes Citat aus LACEPÈDE's Hist. nat. des Serpens[1]) in TODD's Cyclopaedia (Part. XXXII, art. »Reptilia« by R. JONES S. 324), auf eine sehr mangelhafte Beschreibung von C. G. CARUS (Erläuterungstafeln zur vergleichenden Anatomie, Heft II, S. 11) und auf einige weder ausreichende, noch durchgehends richtige Bemerkungen von LEUCKART (siehe dessen Anatom.-physiolog. Uebersicht des Thierreichs, 1855, S. 429).

Ich glaube daher nicht, dass die folgenden Mittheilungen überflüssig oder unwillkommen sein werden.[2])

Das seltsame Instrument, vermittelst welches die Klapperschlangen jenes eigenthümliche, ihre gefährliche Gegenwart schon von weitem verrathende Geräusch hervorbringen, ist bekanntlich ein aus meh-

[1] LACEPÈDE's Original, sowie VOSMAER's: »Beschrijv. van eene Surinaamsche ratelslang«, 1768, konnte ich mir nicht verschaffen.

[2] Eine kurze vorläufige Notiz über denselben Gegenstand habe ich früher in der čechischen, von PURKINĚ redigirten Zeitschrift »Živa«, 1852, Jahrg. I, Nr. 1, S. 29 gegeben.

reren hohlen, lose in einander gefügten Gliedern zusammengesetztes Epidermoidalgebilde, welches von der die Schwanzspitze überkleidenden Haut abgesondert und durch die Muskulatur des Schwanzes mittelbar in Vibrationen versetzt wird.

Ich werde der Reihe nach 1) die Schwanzwirbelsäule, 2) die Muskulatur derselben, 3) die Cutis, und endlich 4) die Klapper selbst betrachten, über deren Entwickelung sich aus den anatomischen Daten einige Schlüsse ergeben, die mir für Morphologen und Physiologen von gleich grossem Interesse zu sein scheinen.

1) Von der Schwanzwirbelsäule.

Die Schwanzwirbel besitzen vorn eine sphärisch concave Pfanne, hinten einen kugeligen Gelenkskopf, ferner zwei vordere nach oben gerichtete und zwei hintere nach abwärts gekehrte Gelenkfortsätze. Seitlich tragen sie ansehnliche Querfortsätze, welche ich an den fünf ersten Wirbeln jederseits doppelt, vom sechsten an, wiewohl anfangs noch mit deutlichen Spuren der Verwachsung, einfach fand.

In Bezug auf die Deutung dieser Fortsätze ist es bemerkenswerth, dass die letzte Rippe aus zwei über einander liegenden Stücken, einem längeren untern und einem kürzeren obern, wie zusammengewachsen erschien. Es ist übrigens bekannt, dass bei vielen Schlangen die letzte oder die letzten Rippen sogar gabelförmig gespalten vorkommen.

Die oberen Bogenschenkel und Dornen sind, wie gewöhnlich, in der Richtung von vorn nach hinten etwas verbreitert.

Die sogenannten unteren Dornen, welche an den übrigen Wirbeln einfach sind, spalten sich hier allmählich in zwei platte Fortsätze (ungeschlossene untere Bogenschenkel), die bis zu ihrer völligen Trennung immer weiter aus einander rücken. Schon an den letzten Brustwirbeln erkannte ich deutlich die Tendenz zu dieser Spaltung.

Die letzten Schwanzwirbel erscheinen zu einem conischen, von beiden Seiten zusammengedrückten, in zwei abgerundete, mehr oder weniger getrennte Spitzen — eine obere und eine untere — ausgezogenen Knochenstück (Fig. 1) verschmolzen, welches ich den »Endkörper der Wirbelsäule« nennen will. An diesem Endkörper, der beinahe wie eine einfache Exostose aussieht, bemerkt man doch noch so deutliche Spuren jener einzelnen Wirbel, aus deren Verschmelzung er hervorgegangen ist, dass man die Zahl derselben mit ziemlicher Sicherheit ermitteln kann. Nach LEUCKART (l. c.) besteht der Endkörper aus den drei letzten Schwanzwirbeln; ich zählte aber an meinen Exemplaren 7—8 verwachsene Elemente. Diese Differenz, welche sehr auf-

fallend ist, erklärt sich vielleicht ganz einfach aus der Verschiedenheit entweder des Alters oder der Species der von uns untersuchten Thiere.

Der von den oberen Bogen gebildete Wirbelkanal für das Rückenmark setzt sich weit in den Endkörper hinein fort und lässt daselbst nach seiner Eröffnung von innen betrachtet (Fig. 1 *E*) Rudimente von Intervertebrallöchern deutlich erkennen, so dass sich das Rückenmark ohne Zweifel bis in den Endkörper erstrecken wird.

Unterhalb des Wirbelkanals findet man im Endkörper einen weiten Kanal, welcher durch die von unten her mit wuchernder Knochenmasse geschlossenen Querfortsätze und unteren Bogenschenkel der verschmolzenen Wirbel gebildet wird und wahrscheinlich zur Aufnahme von Blutgefässen bestimmt ist (Fig. 1 *E*, *D*).

Betrachtet man die nach vorn gerichtete Basis des Endkörpers (Fig. 1 *D*), so sieht man in der Mitte eine kleine sphärisch concave Gelenkfläche, über derselben die Oeffnung des Wirbelkanals, unter derselben die des Gefässkanals (?).

Nebst dem Endkörper zählte ich an einem Exemplar 28 freie Schwanzwirbel.

2) Von den Muskeln.

Die Muskulatur des Schwanzes, welche aus drei in mehrere Züge und Schichten zerfallenden Hauptmassen — zwei seitlichen oberen zwischen den Dorn- und Querfortsätzen gelegenen, und einer unteren, den Raum zwischen den Querfortsätzen beider Seiten einnehmenden — besteht, zeigt nichts Abweichendes in ihrer Faserung und Anordnung. Hervorzuheben ist nur, dass sie verhältnissmässig sehr kräftig entwickelt erscheint, aber nicht weiter als bis an den Endkörper der Wirbelsäule, an welchen die Cutis unmittelbar festgewachsen ist, reicht. Die Muskeln versetzen daher eigentlich nur die Schwanzwirbelsäule sammt dem Endkörper in überaus rasche zitternde Bewegungen; allein diese theilen sich der am Endkörper befestigten Klapper mit, deren einzelne Glieder sich dann gegenseitig erschüttern und an einander reiben, wodurch ein ganz eigenthümliches Geräusch besteht; und so bilden denn die Schwanzmuskeln den activen Theil des Schall erzeugenden Apparates, ohne doch mit dem passiven Theil desselben, der Klapper, in unmittelbarem Zusammenhang zu stehen.

3) Von der Cutis.

Die Cutis, welche die Epidermis absondert, überzieht die Muskulatur des Schwanzes und den Endkörper der Wirbelsäule. An letzterem wächst sie, wie erwähnt, unmittelbar fest, indem sie sich zugleich beträchtlich verdickt. Diesen verdickten Hautüberzug des Endkörpers müssen wir genauer betrachten, weil er die ganze Klapper trägt und die einzelnen Glieder derselben absondert. Er ist kegelförmig und seitlich zusammengedrückt, wie der von ihm eingeschlossene Knochenkern. Ihn theilen zwei tiefe ringförmige Furchen in drei quere Anschwellungen, welche, von vorn nach hinten an Grösse abnehmend, durch seitliche Längsfurchen in je zwei unsymmetrische Hälften, eine obere und eine untere, zerfallen.

Das etwas schwammige, aber doch ziemlich dichte Gewebe[1]) dieser Hautverdickung besteht einfach aus dünnen verfilzten Bindegewebsfasern und erscheint auf dem Durchschnitt fast rein weiss, obschon die mikroskopische Untersuchung einzelne ramificirte Pigmentzellen überall nachweist, die sich freilich erst gegen die Oberfläche hin so sehr anhäufen und mit compacten rundlichen Zellenformen untermischen, dass die äusserste Schicht der Cutis ganz dunkel gefärbt wird. Ausser den Pigmentzellen habe ich daselbst in dem Stroma der Bindegewebsfasern noch recht zahlreiche mikroskopische Nerven- und Gefässstämmchen eingebettet gefunden; elastische Elemente wurden dagegen gänzlich vermisst.

Noch bemerke ich, dass die Cutis, ehe sie sich zum Ueberzug des Endkörpers verdickt, einen tiefen Falz bildet, der von den letzten Hautschuppen überragt und bedeckt wird (s. Fig. 3, in welcher die zwei letzten Schwanzschienen in einzelne Schuppen zerfallen erscheinen, und Figg. 2 und 8 *a a*).

4) Von der Klapper.

Leuckart hat offenbar Recht, wenn er l. c. sagt: »Den neugeborenen Individuen wird die Klapper ohne Zweifel fehlen. Statt der

[1] Carus sagt (a. a. O.): »Anstatt nämlich, dass an den übrigen Theilen des Rumpfes die Hornringe des Hautskelets auf gewöhnliche Weise um das mit Muskelfleisch umgebene Nervenskelet und die von ihm umschlossenen Eingeweide entstehen, findet sich um den letzten Schwanzwirbel (?) bloss eine Anhäufung einer wallrathähnlichen (?!) weisslichen Masse, und diese, in ihrer Mitte eingekerbte Substanz ist nun gleichsam der Kern, um welchen die Schale des Hautskelets dergestalt sich bildet, dass . . .«

Klapper besitzen diese am hintern Schwanzende gewiss nur einen einfachen hornigen Ueberzug, der nach vorn unmittelbar in die Schuppenhaut übergeht, selbst aber der Schuppen entbehrt und wie eine tubenförmige Kappe die Spitze des Schwanzes bekleidet.«

Bei ausgebildeten Thieren besteht jedoch die Klapper aus mehreren (bis 20 ja 40 [?]) hohlen, hornigen Gliedern, welche auf eine eigenthümliche Weise lose, aber sicher an einander hängen, — und hat eine pyramidale, von beiden Seiten zusammengedrückte Gestalt, so dass man an ihr eine rechte und eine linke, je mit einer Längsfurche versehene Seitenfläche; einen obern, dem Rücken des Thieres, und einen untern, dem Bauche des Thieres entsprechenden Rand, eine nach hinten gerichtete Spitze und eine nach vorn gekehrte über das Schwanzende gestülpte Basis unterscheiden kann (Fig. 2).

Die einzelnen Glieder nehmen gegen die Spitze der Klapper an Grösse ab und sind im Allgemeinen dünnwandige, aus einer trocknen, scheinbar homogenen, manchmal von natürlichen Lücken durchbrochenen Hornmasse bestehende Stücke von seitlich abgeplatteter, conisch-mützenförmiger Gestalt und verengter Basalöffnung, welche als genaue Abdrücke der jeweiligen Form der Hautverdickung des Endkörpers durch zwei quere ringförmige Einschnürungen — eine obere (hintere), breitere, und eine untere (vordere), schmalere — in drei Ausbuchtungen zerfallen, die nach oben (hinten) an Grösse abnehmen und durch eine auf jeder der beiden Seitenflächen befindliche Längsfurche in je zwei nicht ganz congruente Hälften getheilt werden (Fig. 4 *A*—*H*). Diese Asymmetrie der Hälften, auf deren Folgen ich noch zurückkomme, ist jedoch weniger durch die Lage der Längsfurchen, als vielmehr durch die Form der Ausbuchtungen selbst bedingt, indem dieselben an der, dem Dorsalrande der Klapper entsprechenden schmalen Seite der Glieder näher an einander rücken und niedriger sind, als an der entgegengesetzten.

Die beschriebenen Glieder sind nun so in einander gefügt, dass jedes folgende Glied die mittlere und die obere (hintere) Ausbuchtung des vorhergehenden Gliedes in seine untere (vordere) und mittlere Ausbuchtung aufnimmt (Fig. 7), und dass somit an der unverletzten Klapper nur die untersten (vordersten) Ausbuchtungen der Glieder frei zu Tage liegen.[1])

Oeffnet man daher an einer Klapper eine der frei zu Tage liegen-

[1] Beiläufig bemerke ich, dass die unbedeckten Theile der Glieder an den von mir untersuchten Klappern eine glatte glänzende Oberfläche hatten, während die bedeckten meist wie mattgeschliffenes Glas aussahen. Erstere waren zugleich an einem Exemplar weit dunkler gefärbt als letztere.

den Ausbuchtungen, so findet man darin die zweite oder mittlere Ausbuchtung des vorhergehenden Gliedes eingeschlossen, und öffnet man diese, so sieht man die dritte oder Endausbuchtung des zweitnächsten Gliedes hereinragen (Fig. 7 bei 3 und 4).

Trotz dieser dreifachen Ineinanderschachtelung behalten aber die verbundenen Glieder Spielraum genug, um sich innerhalb gewisser Grenzen nach allen Richtungen gegen einander zu verschieben; auch kann eine Flüssigkeit leicht zwischen und in die Glieder eindringen, wodurch dann natürlich die Vibrationen derselben so behindert sind, dass die Schlangen fast gar kein Geräusch mehr hervorbringen können und bei feuchter Witterung besonders gefährlich sein werden.

Dass die verbundenen Glieder nicht aus einander fallen können, liegt hauptsächlich an ihrer verengten Basalöffnung, deren etwas aufgebogener Rand tief in die kreisförmige Einschnürung zwischen der ersten und zweiten Ausbuchtung des vorhergehenden Gliedes eingreift und vorspringt. Fasst man eine Klapper an ihrer Basis und hält sie horizontal, indem man zuerst einen und dann den andern schmalen Rand nach oben kehrt, so macht sich eine auffallende Verschiedenheit des Grades der Verschiebbarkeit der Glieder bemerkbar, welche, von jener oben erwähnten Asymmetrie der Ausbuchtungen herrührend, leicht dazu benutzt werden kann zu bestimmen, welcher der dorsale, welcher der ventrale Rand einer vom Thiere abgelösten Klapper sei (obwohl man dies auch schon an jedem einzelnen Gliede leicht erkennen kann).

Kehrt man nämlich den Dorsalrand nach oben, so ist die Axe der Klapper nahezu eine gerade Linie (Fig. 5), sieht aber der Ventralrand nach oben, dann krümmt sich die Axe beträchtlich nach abwärts, weil eben die Glieder an diesem Rande aus den angegebenen Gründen in ihrer Verschiebbarkeit weniger limitirt sind (Fig. 6).

Alle von mir untersuchten Klappern liessen deutlich erkennen (Fig. 2), dass ihre eigentlichen Endglieder verloren gegangen waren — bis auf eine, die mit einem Gliede endete, welches nur eine, und zwar seichte quere Ringfurche zeigte (Fig. 4 *A*). Ich glaube dieses für ein richtiges Endglied halten zu dürfen, weil es eine durchaus glatte glänzende Oberfläche und dunklere Färbung hat, wie die zu Tage liegenden Theile der übrigen Glieder, welche Beschaffenheit die zufällig entblössten versteckten Theile derselben wohl niemals erhalten mögen, und weil es so gestaltet ist, dass es scheint, als ob es immer untauglich gewesen sein müsste, einem weiteren Gliede sichern Halt zu gewähren. Damit soll aber nicht etwa gesagt sein, dass ich jenes Glied für den embryonalen, aus dem Ei mitgebrachten Ueberzug der

Schwanzspitze halte, denn es ist recht gut möglich und sogar wahrscheinlich, dass die Hautverdickung des Endkörpers ihren epidermoidalen Ueberzug erst einige Mal (wie die übrige Haut durchs ganze Leben) spurlos verliert, ehe es zur Bildung von eigentlichen, sitzenbleibenden Klappergliedern kommt.

Hinsichtlich der Bildungsweise der Klapper kann man nun aus den mitgetheilten anatomischen Thatsachen, welche in der halbschematischen Zeichnung (Fig. 8) gewissermaassen resumirt sind, Folgendes zum Theil mit Sicherheit, zum Theil mit Wahrscheinlichkeit schliessen:

1) Jedes einzelne Glied bildet sich als härterer, epidermoidaler Ueberzug auf der Hautverdickung des Endkörpers und trennt sich später, gleich der übrigen Epidermis, von der secernirenden Unterlage ab. Es ist klar, dass, da jedes Glied der genaue Abdruck der Form jener Hautverdickung sein muss, aus der Form und Grösse der Glieder auf die verschiedenen Gestalten, welche diese letztere, während des Wachsthums des Thieres und der Bildung der Klapper, successive angenommen hat, zurückgeschlossen werden darf.

Dieser successive Gestalt- und Grössenwechsel der Hautverdickung kann nun offenbar nicht bloss darin bestehen, dass nach vollendeter Absonderung eines Gliedes die ihm entsprechenden drei Anschwellungen der Hautverdickung einfach jene Formen annehmen, welche dem neu abzusondernden Gliede entsprechen, denn dann müssten die jüngeren grösseren Glieder die älteren, kleineren zersprengen, und würde es niemals zur Herstellung einer Reihe in der Art an einander hängender mützenförmiger Stücke kommen, wie wir sie an der Klapper wirklich gesehen haben.

2) Es ist daher vielmehr anzunehmen, dass der successive Gestalt- und Grössenwechsel der Hautverdickung in der Weise vor sich geht, dass die erste (vorderste) Anschwellung derselben, welche die erste Ausbuchtung des eben fertig gewordenen Gliedes absonderte, in jene Form und Grösse sich hineinbildet, welche der Form und Grösse der zweiten (mittlern) Ausbuchtung des neu abzusondernden, nächst jüngern Gliedes entspricht, während die zweite (mittlere) Anschwellung, welche die zweite (mittlere) Ausbuchtung des eben vollendeten Gliedes absonderte, jene Form- und Grössenverhältnisse erhält, die der dritten oder Endausbuchtung des neuanzusetzenden Gliedes entsprechen.

3) Allein auch dies würde begreiflicher Weise noch nicht ganz zum Ziele führen; und wir sind — so seltsam der einer fortschreitenden Wellenbewegung vergleichbare Vorgang auch erscheinen mag — gezwungen als ein weiteres Postulat hinzuzusetzen, dass während der

sub 2 angedeuteten Veränderungen, die zweite Anschwellung der Hautverdickung zugleich allmählich an die Stelle der dritten (hintersten), die erste hingegen an die Stelle der zweiten rücken müsse, und dass sich in dem oben erwähnten, von den letzten Hautschuppen verdeckten Falz eine neue Anschwellung erheben müsse, welche die erste Ausbuchtung des neuen Gliedes absondern wird.

Fassen wir dabei nun auch die zwischen den Anschwellungen des Hautüberzuges des Endkörpers befindlichen queren Einschnürungen ins Auge, so werden sie offenbar den Thälern zu vergleichen sein, welche die fortschreitenden Wellenberge (hier Hautanschwellungen) trennen!

Hiermit glaube ich die Bildungsweise der Klapper von *Crotalus* im Allgemeinen richtig skizzirt und einen ebenso neuen als interessanten Entwickelungsvorgang aufgedeckt zu haben.

Schliesslich bemerke ich nur noch, dass die Auffindung und genauere Ermittlung der einzelnen angedeuteten Stadien der Bildungsgeschichte der Klapper von *Crotalus* — (namentlich hinsichtlich des Verhornungsprocesses) —, sowie die Entscheidung der Frage, ob bei jeder Häutung immer ein neues Glied angesetzt wird, späteren, ausgedehnteren Untersuchungen überlassen bleibt, denn beide von mir untersuchten Thiere befanden sich gerade in der Periode, wo das jüngste oder Basalglied der Klapper, eben erst vollständig entwickelt, noch als genau anliegender, kappenförmiger Ueberzug auf der Hautverdickung des Endkörpers der Wirbelsäule aufsitzt.

Graz, im April 1856.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 20.

Die Abbildungen sind in natürlicher Grösse von einem meiner Zuhörer, Herrn stud. pharm. JOH. TSCHOPP, dem ich hiermit für seine freundliche Unterstützung öffentlich Dank sage, ausgeführt; nur die halbschematische Darstellung Fig. 8 habe ich selbst entworfen.

Fig. 1. *A* die letzten freien Schwanzwirbel mit dem »Endkörper der Wirbelsäule«, von der rechten Seite; *B* der »Endkörper« von oben; *C* der »Endkörper« von unten; *D* nach vorn gekehrte Basis des »Endkörpers«; *E* senkrechter Durchschnitt des »Endkörpers« in der Mittelebene.

Fig. 2. Schwanzende eines *Crotalus*, sammt Klapper, an der das letzte Glied zerbrochen ist, von der rechten Seite gesehen.

Fig. 3. Schwanzende eines *Crotalus* nach Entfernung der Klapper, von unten. Man sieht die den »Endkörper« überkleidende Hautverdickung, an welcher die Klapper durch das jüngste Glied befestigt war. Die beiden (drei?) letzten Schwanzschienen sind in einzelne Schuppen zerfallen.

Fig. 4. *A*—*H* die einzelnen Glieder einer zerlegten Klapper, von der linken Seite gesehen. *A* ältestes oder Endglied u. s. w. . . . *F'* und *F''* stellen das Glied *F* von den schmalen Seiten dar, *F'* von der Bauch-, *F''* von der Rückenseite.

Fig. 5 und 6. Natürliche Lagerung der Glieder einer am Basalgliede gefassten frei in horizontaler Richtung gehaltenen Klapper — wenn der Dorsalrand nach aufwärts gekehrt wird (Fig. 5), und wenn der Bauchrand nach oben sieht (Fig. 6).

Fig. 7. Ein Stück einer von der linken Seite aufgebrochenen Klapper, um die dreifache Ineinanderschachtelung der Glieder zu zeigen.

Man sieht deutlich, wie die erste Ausbuchtung des Gliedes (3) die zweite Ausbuchtung des Gliedes (2) umschliesst, und dass in diese letztere noch das Ende des Gliedes (1) hineinragt. In gleicher Weise sieht man die Glieder 2, 3 und 4 in einander gefügt.

Fig. 8. Schematische Darstellung des Schwanzendes sammt Klapper. Man sieht das letzte Stück der Schwanzwirbelsäule und den Endkörper. Die Muskulatur, welche nur bis an den Endkörper reicht und somit nur den weiss gelassenen Raum auf der Wirbelsäule und zwischen dieser und der schattirten Haut einnimmt, ist weggelassen. Die Haut, an der Schattirung und ihren sägeförmigen Schuppen kenntlich, bildet, ehe sie an den Endkörper als stark verdickter Ueberzug unmittelbar festwächst, einen tiefen ringförmigen Falz (*a*, *a*), der von den letzten Schuppen bedeckt ist. Die Klapper besteht aus 10 Gliedern, deren erstes und jüngstes als kappenförmiger, in diesem Falle genau anliegender Ueberzug auf der Hautanschwellung des Endkörpers aufsitzt und die ganze Klapper trägt und an das Schwanzende befestigt. Die dreifache Ineinanderschachtelung der Glieder der Klapper ist klar.

XXXIV.

Ideen zu einer Lehre vom Zeitsinn.

[Wiener akadem. Sitzungsberichte 1857 und Moleschott Untersuchungen etc. V. Bd.]

Der Begriff der Geschwindigkeit ist bisher noch fast gar nicht in das Gebiet der physiologischen Untersuchung gezogen worden, obschon es keinem Zweifel unterliegt, dass wir nicht bloss das räumliche Nebeneinander, die Grösse und die Bewegungen der Gegenstände, sondern auch den Grad der Geschwindigkeit dieser letzteren geradezu sinnlich wahrnehmen[1].

Zur völlig befriedigenden Ausfüllung dieser fühlbaren Lücke in der Lehre von dem Mechanismus unseres sinnlichen Wahrnehmungsvermögens müsste jedoch die physiologische Experimental-Untersuchung über die sinnliche Wahrnehmung von Geschwindigkeiten, ganz allgemein gehalten, d. h. auf den Zeitsinn als einen neu zu definirenden »Generalsinn« im Sinne Weber's[2]) ausgedehnt werden.

Als klassisches Vorbild einer solchen Experimental-Untersuchung würde ich E. H. Weber's allbekannte und anerkannte Untersuchungen über den Raumsinn . . . etc. bezeichnen, und hätte auch schon längst die Absicht, den Zeitsinn in ähnlicher Weise physiologisch zu bearbeiten, wie Weber den Raumsinn, auszuführen versucht, wenn ich nicht durch mancherlei ungünstige äussere Umstände daran verhindert worden wäre und noch verhindert würde.

Wenn ich mir nun nichtsdestoweniger erlaube, die vorliegenden Andeutungen zu veröffentlichen, so finde ich dafür nur darin eine Entschuldigung, dass die mitzutheilenden Gedanken, Versuche und Vorschläge zu Versuchen, so fragmentarisch dieselben auch sind, wohl im

[1] Vergl. Ludwig: Lehrbuch der Physiologie. Bd. I, S. 259.

[2] Vergl. E. H. Weber: »Ueber den Raumsinn« in den Berichten der königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. 1852, S. 85—87.

Stande sein dürften, andere Fachgenossen zur Untersuchung des anziehenden, bisher ausschliesslich von Philosophen und Psychologen berührten Gegenstandes anzuregen.

Es handelt sich hier natürlich nicht um die metaphysische oder psychologische Erklärung der Fähigkeit, Zeitvorstellungen überhaupt zu bilden, sondern einfach um die physiologischen Bedingungen der Wahrnehmungen objectiver Zeitverhältnisse, und nur missverständlich könnten bei dieser Gelegenheit Grenzstreitigkeiten zwischen der Psychologie und der Physiologie entstehen!

1. Wie sich der Raumsinn dadurch bethätigt, dass wir gezwungen sind, gewisse Sinneseindrücke räumlich gesondert vorzustellen, so bethätigt sich der Zeitsinn dadurch, dass wir unsere Empfindungen auch zeitlich aus einander zu halten vermögen.

Während aber bekanntlich nur einige Sinne die Fähigkeit haben, räumliche Anschauungen zwingend zu veranlassen, dürfte die Auffassung der zeitlichen Verhältnisse der Eindrücke im Allgemeinen wohl durch alle Empfindungsorgane vermittelt werden können.

Der Zeitsinn scheint also eine viel grössere Verbreitung zu haben als der Raumsinn, und daher mit doppeltem Rechte die Bezeichnung eines »Generalsinnes« zu verdienen.

2. E. H. Weber hat durch genaue Messungen nachgewiesen, dass in den verschiedenen, mit Raumsinn begabten Organen, ja selbst in den verschiedenen Regionen derselben Organe, die Schärfe oder die Feinheit, mit welcher Eindrücke räumlich gesondert werden können, sehr verschieden sei, dass diese Feinheit des Raumsinnes überall eine bestimmte untere Grenze habe, d. h. endlich (und nicht wie die abstracte Raumvorstellung unendlich) sei, ferner dass dieselbe objective Raumgrösse, z. B. die Distanz zweier Punkte, dem stumpferen Organe gar nicht oder kleiner, dem schärferen aber grösser erscheine, u. dgl. m.

In allen diesen Beziehungen wäre nun auch der Zeitsinn zu untersuchen.

Aehnlich wie der Grad der Feinheit des Raumsinnes durch die kleinste noch wahrnehmbare Distanz zweier gleichzeitiger und ungleichzeitiger Eindrücke gemessen wird[1]), würde der Grad der Feinheit des Zeitsinnes in dem kleinsten noch wahrnehmbaren Zeitintervall zwischen zwei auf denselben Punkt und auf räumlich verschiedene Punkte eines Empfindungsorgans gemachte Eindrücke einen exacten Ausdruck finden.

[1] Czermak: Zur Lehre vom Raumsinn, in Moleschott's Untersuchungen zur Nat. d. M. u. d. Th. Band I, Heft 2, S. 195.

Zur Ausführung solcher Versuche wäre nur die Herstellung eines einfachen Instrumentes nothwendig, durch welches man mit bekannter beliebig veränderlicher Geschwindigkeit eine Reihe von Eindrücken auf die Empfindungsorgane hervorbringen könnte.

Dass sich auf diese Weise in verschiedenen Organen in der That verschiedene Grenzen und Abstufungen der Feinheit des Wahrnehmungsvermögens für Zeitintervalle werden nachweisen lassen, unterliegt wohl kaum einem Zweifel, denn erstens hat diese Vermuthung die Analogie der überraschenden Verhältnisse des Raumsinnes für sich, und zweitens lehrt die Erfahrung, dass die Schnelligkeit der Succession von Impulsen bestimmte Maxima nicht überschreiten darf, wenn die einzelnen Eindrücke noch zeitlich unterschieden werden, und nicht verschmelzend, in eine einzige Empfindung von anderer, oft specifisch verschiedener Qualität umschlagen sollen. Ich erinnere an die Versuche VALENTIN's über die Dauer der Nachwirkung von Tasteindrücken, an die SAVART'schen Zahnräder zur Hervorbringung von Tönen u. s. w.[1]).

Die »Nachwirkungen«, welche bei dieser Auffassung in einem neuen Lichte erscheinen, spielen unter den physiologischen Bedingungen des Zeitsinnes eine ähnliche Rolle, wie, unter jenen des Raumsinnes, die sogenannten physikalischen Zerstreuungskreise an den Bildern auf Netzhaut und Haut[2]).

Wie sich jedoch nicht alle Abstufungen der Feinheit des Raumsinnes aus den physikalischen Zerstreuungskreisen erklären lassen, ebenso wenig dürften auch die muthmaasslichen Verschiedenheiten der Feinheitsgrade des Zeitsinnes einfach nur auf die »Nachwirkungen« zurückzuführen sein.

In dieser Beziehung wäre es von besonderer Wichtigkeit zu ermitteln, ob nicht etwa dasselbe objective Zeitintervall, durch verschiedene Organe zur Wahrnehmung gebracht, verschieden lang erscheine, und wie gross die Differenzen objectiver Zeitintervalle sein müssen, wenn diese letzteren als verschieden erkannt werden sollen, wobei die absoluten und relativen Grössen dieser Differenzen zu berücksichtigen[3]), und die einzelnen Organe hinsichtlich ihres Auffassungsvermögens für dieselben objectiven Verhältnisse zu vergleichen wären.

3. Die Unterscheidung der Länge der Zeitintervalle führt uns auf den allgemeinen Begriff der Geschwindigkeit und auf den speciellen

1 Dass der Zeitsinn verschiedene Feinheitsgrade besitzen kann, beweist schon die verschiedene Befähigung der einzelnen Individuen hinsichtlich des Takthaltens in der Musik.

2 CZERMAK a. a. O., S. 191. — WEBER, Müller's Archiv, 1835, S. 156.

3 WEBER, Müller's Archiv, 1835, S. 158.

Fall der Geschwindigkeit von Bewegungen im Raume, von welchem ich bei der Entwickelung dieser Gedankenreihe ausgegangen war.

Die Geschwindigkeit einer gleichförmigen Bewegung v lässt sich bekanntlich durch den Quotient, den der Zahlenwerth des Weges r, durch jenen der zugehörigen Zeit t getheilt, gibt, $v = \frac{r}{t}$ ausdrücken und messen.

Es entsteht nun die Frage, ob diese Formel für den Mechanismus der sinnlichen Wahrnehmung von Bewegungs-Geschwindigkeiten (welche von der Wahrnehmung durch Reflexion wohl zu unterscheiden ist) in der Art Geltung hat, dass uns eine Geschwindigkeit *caeteris paribus* um so grösser erscheinen wird, je grösser der zurückgelegte Theil unseres subjectiven Raumbildes ist, d. h. je mehr Raumeinheiten oder »Empfindungskreise« successive erregt wurden, dass also die Seele behufs der Wahrnehmung und Unterscheidung von Geschwindigkeiten entweder die in der Zeiteinheit zurückgelegten Wege durch den Raumsinn, oder die für die Raumeinheit benöthigten Zeiten durch den Zeitsinn vergleicht; oder ob nicht etwa die verschiedene Schnelligkeit der successiven Reizung und die Zahl der innerhalb einer gegebenen Zeit gereizten sensiblen Punkte einen besonderen, intensiven Erregungszustand setzt, welcher die Seele unmittelbar zur Vorstellung einer bestimmten Geschwindigkeit nöthigt?

Ehe an die Möglichkeit einer Entscheidung dieser schwierigen und interessanten Frage gedacht werden kann, wird man zunächst genauere Thatsachen über die wenig gekannten Wahrnehmungen von Geschwindigkeiten räumlicher Bewegungen sammeln müssen; denn die bekannte Beobachtung, dass wir uns die wahrgenommene Geschwindigkeit einer und derselben objectiven Bewegung durch optische oder perspectivische Vergrösserung oder Verkleinerung des durchlaufenen Raumes beschleunigen oder verzögern können, betrifft eben nur eine sogenannte Sinnestäuschung, die insofern keine Beziehung zu unserer Frage hat, als in diesen Fällen die Geschwindigkeit des bewegten Netzhautbildchens, welches ja das eigentliche Sehobject ist, in der That nicht dieselbe bleibt.

Ich würde folgende, mitunter sehr delicate Versuchsreihen vorschlagen, welche, wenn auch nicht die Entscheidung jener Frage, so doch ganz neue einschlägige Thatsachen liefern müssen.

a) Es wäre für jede einzelne der mit einem verschiedenen Feinheitsgrade des Raumsinnes begabten Regionen unserer Sinnesorgane [1])

[1] Prof. Ludwig hat mich auf einige einschlägige Sehversuche älteren Datums aufmerksam gemacht, welche in Valentin's Physiologie, Bd. II, S. 184, zusammengestellt sind.

zu ermitteln, wie gross und wie klein die Geschwindigkeit einer Bewegung im Raume sein darf, um überhaupt noch als solche wahrgenommen zu werden (der langsam schleichende Stundenzeiger einer Uhr scheint uns ganz still zu stehen); ferner

b) wie gross die Differenz zwischen den Geschwindigkeiten zweier Bewegungen im Raume sein müsse, damit diese noch unterschieden werden können, wobei, wie oben, die absoluten sowohl, als relativen Werthe dieser Differenzen zu berücksichtigen sind.

c) Da wir bekanntlich die scheinbare Grösse eines gesehenen Raumes, trotzdem dass sein Bild immer dieselbe Ausdehnung auf der Retina behält, durch Veränderung des Convergenzwinkels der Augenaxen ansehnlich verändern, vergrössern und verkleinern können, so wäre es von Wichtigkeit zu untersuchen, ob sich die Geschwindigkeit einer gesehenen Bewegung durch Veränderung des Convergenzwinkels der Augenaxen subjectiv vergrössern und verkleinern lasse, ohne dass sich dabei die objectiven Verhältnisse ändern.

d) Endlich wäre festzustellen, wie uns die Geschwindigkeit einer gesehenen oder gefühlten Bewegung erscheint, wenn wir sie auf Regionen der Retina oder der Haut wahrnehmen, die verschiedene Feinheitsgrade des Raumsinnes besitzen.

Sollte die obige Formel $v = \frac{r}{t}$ auch in subjectiver Hinsicht volle Geltung haben, so müsste uns offenbar dieselbe objective Bewegung, je nachdem wir sie im directen oder indirecten Sehen, durch die Haut der Fingerspitzen oder durch die Haut des Rückens wahrnehmen, schneller oder langsamer erscheinen (wird z. B. der Secundenzeiger einer Taschenuhr bald im directen, bald im indirecten Sehen betrachtet, so erscheint mir und den meisten, die ich zur Wiederholung dieses Versuches aufforderte, die Bewegung des Zeigers im ersten Falle rascher, im zweiten träger, was namentlich beim Uebergang vom indirecten zum directen Sehen frappirt, ohne dass man jedoch genau angeben könnte, wie dieser Unterschied zu Stande kommt und ob dabei jene Formel $v = \frac{r}{t}$ eine wesentliche Rolle spiele); ferner müssten uns Bewegungen von verschiedener Geschwindigkeit auf stumpferen und feineren Stellen der Organe des Raumsinnes gleich schnell erscheinen, wenn sich ihre Geschwindigkeiten umgekehrt wie die subjectiv wahrgenommenen durchlaufenen Wege verhielten u. s. w.

Es ist jedoch fraglich, ob wir überhaupt so scharf unterscheiden, dass diese Versuche möglich sind.

Uebrigens wäre zur Anstellung solcher Versuche ein besonderer Apparat nothwendig, welcher mit beliebig veränderlicher Geschwin-

digkeit Linien von verschiedener Länge auf die Haut zeichnete. Schon im vorigen Sommer, den ich in Wien zubrachte, hatte ich mir einen passenden Mechanismus zu diesem Zwecke ersonnen, doch brachte der Mechaniker leider nur ein verunglücktes Modell zu Stande und so unterblieb die beabsichtigte Ausführung der Versuche. Meine kurz darauf erfolgte Uebersetzung nach Krakau hat mir die Möglichkeit zu diesen ausgedehnten Untersuchungen vollends geraubt, weshalb ich mich vorläufig begnügen muss, mir die Priorität des Gedankens zu wahren und gleichsam nur den Samen zu säen, damit er wenigstens in fremdem Boden aufgehen und Früchte bringen könne, falls ich selbst noch längere Zeit nicht in der Lage sein sollte, das abgesteckte neue Feld zu bebauen.

XXXV.

Ueber das Verhalten des weichen Gaumens beim Hervorbringen der reinen Vocale.

[Wiener akadem. Sitzungsberichte 1857 und Moleschott Untersuchungen etc.]

In DONDERS' »Physiologie des Menschen« (deutsch von F. W. THEILE, Leipzig 1856), Bd. I, S. 289, heisst es: »Das Heben des Gaumensegels (beim Schlucken) lässt sich nach DEBROU (Thèses de 1841, Nr. 266) durch einen einfachen Versuch nachweisen. Führt man nämlich durch die Nasenhöhle ein Stilet ein, so senkt sich dessen vorderes Ende beim Schlucken, und dies rührt von einem Gehobenwerden des weichen Gaumens her, auf welchem das hintere Ende des Stilets ruht.«

Als ich vor Kurzem (20. Februar) diesen Versuch wiederholte, fand ich DEBROU's Angabe nicht nur bestätiget, sondern bemerkte auch beim Sprechen verschiedene Bewegungen an dem freien Ende des in die Nase eingeführten Körpers.

Aufmerksam geworden, erkannte ich sofort, dass sich eine Art Fühlhebel construiren lasse, der sehr gut zur Bestimmung der innerhalb gewisser Grenzen erfolgenden Bewegungen und Stellungen des Gaumensegels beim Hervorbringen der verschiedenen Sprachlaute benützt werden könnte.

Ich begann mit der Ausführung dieser Bestimmung für die einfachen Vocale und bediente mich zu diesem Zwecke eines 1,8 mm. dicken und etwa 200 mm. langen, geraden Eisendrahtes, dessen in die Nase gebrachtes Ende, seitwärts eingerollt, eine 12 mm. breite Oese bildete, die ich mit Wachs ausfüllte und überzog, dessen freies Ende aber in derselben Ebene und nach derselben Seite wie die Oese, rechtwinkelig umgebogen war, und somit den Stand und die Bewegungen der Oese unmittelbar anzeigte.

Die beschriebene Drahtsonde wurde so in die Nasenhöhle eingeschoben, dass der schmale Rand der Oese über die hintere Fläche des weichen Gaumens zu liegen kam und bei jeder ausreichenden Hebung derselben verschoben — das ganze Instrument aber um seine Längsaxe gedreht werden musste.

Die Grösse dieser Drehungen, resp. Hebung des Gaumensegels, ersieht man ganz deutlich aus dem Winkel, um welchen sich das etwa 40 mm. lange rechtwinkelig umgebogene, freie Ende der Sonde, das ich den Zeiger nennen will, aus seiner verticalen Ruhelage entfernt.

Es liessen sich zwar mancherlei Verbesserungen zur Regelung der Drehbewegungen — ein Gradbogen zur genaueren Ablesung des Ausschlages des Zeigers u. s. w. anbringen; allein, da es kaum gelingen dürfte, meine Gaumensonde zu einem vollkommen exacten Mess-Instrumente zu machen, und dieselbe schon in der beschriebenen primitiven Gestalt einige nicht uninteressante, neue Thatsachen constatirt, so habe ich vorläufig um so eher auf die grösstmögliche Vervollkommnung des Instrumentes verzichtet, als ich hier zu Lande leider Niemand finden würde, der meine Ideen ausführen könnte!

Dzondi's Irrthum, dass das Gaumensegel bei allen Selbstlautern unbewegt bleibe[1], ist hinreichend widerlegt, man weiss jetzt bestimmt, »dass das Gaumensegel sich der hinteren Wand des Rachens nähert und diesen dadurch in zwei Abtheilungen theilt, von denen die untere mit dem Kehlkopf und der Mundhöhle, die obere dagegen nur mit der Nasenhöhle communicirt«, wenn die Vocale rein, d. h. ohne Nasenton hervorgebracht werden. Allein selbst in der klassischen Abhandlung von Brücke[2] sucht man vergebens etwas Genaueres über das Verhalten des Gaumensegels beim Aussprechen der reinen Vocale.

Ja es scheint sich allgemein die Vorstellung gebildet zu haben, dass das Verhalten des Gaumensegels beim Hervorbringen der verschiedenen Vocale ganz dasselbe bleibe (vergl. Brücke's Schemen *a-i-u-ui*, a. a. O. die Tafel in Steindruck).

Zur Ausfüllung dieser Lücke hoffe ich durch die kurze Mittheilung des Folgenden beizutragen, oder doch zur wiederholten Prüfung des Gegenstandes anzuregen.

1) Ich habe nämlich mit der beschriebenen Gaumensonde an mir gefunden, dass der mit der Oese in Berührung kommende Punkt der

1 Die Functionen des weichen Gaumens. Halle 1831, S. 29.

2 Grundzüge der Physiologie und Systematik der Sprachlaute. Wien, K. Gerold's Sohn, 1856.

oberen oder hinteren Gaumenfläche für jeden Vocal eine andere Stellung hat.

Und zwar ist es mir nach zahlreichen Versuchen festzustellen gelungen, dass für *i* die Ablenkung des Zeigers am grössten ist, für *u* etwas weniges geringer, für *o* merklich geringer, für *e* viel geringer, für *a* endlich ist die Ablenkung in der Regel null oder fast null.

Brachte ich die Vocale continuirlich in der Reihe *i*, *u*, *o*, *e*, *a* hervor, so sank der gehobene Zeiger mit zunehmender Geschwindigkeit in die Ruhelage zurück, kehrte ich die Reihenfolge in *a*, *e*, *o*, *u*, *i* um, so hob sich der Zeiger mit abnehmender Geschwindigkeit.

Hieraus scheint nun zu folgen, dass das Gaumensegel für jeden Vocal eine andere Stellung oder doch eine andere Gestalt annimmt, welche sich für *i* und *u*, weniger als für *u* und *o*, für *u* und *o* weniger als für *o* und *e*, für *o* und *e* weniger, als für *e* und *a* unterscheidet.

Es muss nämlich offenbar entweder der Verschluss der Nasenhöhle für die verschiedenen Vocale in verschiedener Höhe stattfinden, für *a* am tiefsten (wobei das Velum die Oese der Sonde in der Regel noch gar nicht berührt und bewegt), für *i* am höchsten (wobei das Velum wahrscheinlich nahezu horizontal steht)[1]; — oder es müssen bei feststehender Berührungslinie, zwischen Velum und Pharynxwand, namentlich auch die seitlichen Theile der Wölbung des Gaumensegels, convexer werden.

Die beiden Abtheilungen, in welche der Rachen beim Schliessen des Gaumensegels zerfällt, werden also unter allen Umständen für die verschiedenen Vocale verschiedene Formen erhalten, was nicht ohne Bedeutung für die Qualität des gebildeten Lautes sein kann.

2) Der weiche Gaumen hat jedoch für jeden Vocal nicht nur eine bestimmte Neigung oder Wölbung, sondern höchst wahrscheinlich erleidet er zugleich noch eine verschiedene Anspannung, die seinen Elasticitäts-Modulus verändert, indem der Nasenverschluss für die verschiedenen Vocale auch von verschiedener Festigkeit oder Dichtigkeit zu sein scheint.

Dies schliesse ich aus folgenden Versuchen:

Ich führte einen dünnen, elastischen Katheter tief in die Nasenhöhle ein, und liess mir, bei rückwärts geneigtem Kopf, in dem Momente, wo ich einen Vocal continuirlich hervor zu bringen anfing, etwas Wasser in die Nase injiciren.

Sprach ich *a*, so durchbrach das Wasser sogleich oder alsbald den

[1] Später zeigte es sich, dass das Velum sogar einen stumpfen nach oben offenen Winkel mit dem harten Gaumen macht. (Nachträgl. Anmerkung des Verfassers.)

Verschluss der Nasenhöhle, und rann die hintere Pharynxwand herab, worauf Husten oder Schluckbewegungen dem Experiment ein schnelles Ziel setzten.

Sprach ich *i*, so sammelte sich das Wasser in der oberen Abtheilung des Rachens, und wurde in der Regel leicht und längere Zeit zurückgehalten.

Fast dasselbe gilt für *u* und *o*, in geringerem Grade für *e*. Hinsichtlich der Dichtigkeit des Nasenverschlusses scheint sich also dieselbe Reihenfolge der Vocale herauszustellen, wie für die Hebung der von der Sonde berührten Gaumenfläche.

Am deutlichsten überzeugte ich mich von dem Gesagten, wenn ich, während das Wasser injicirt wurde, die Vocale in der Reihe *i, u, o, e, a* continuirlich hervorbrachte. Der Nasenverschluss brach dann in der Regel beim *a*, manchmal jedoch auch schon beim *e* durch.

Die grössere oder geringere Leichtigkeit nun, mit welcher der Nasenverschluss vom Wasser durchbrochen wird, dürfte sich, wie mir scheint, unter der Voraussetzung, dass für die Vocalreihe *i, u, o, e, a* mit dem Neigungswinkel des Velums gegen die Pharynxwand, zugleich auch die Innigkeit der Berührung beider und die Straffheit des ersteren wachse, am besten erklären.

Es gehört übrigens einige Ueberwindung und Selbstbeherrschung dazu, diese unangenehmen Versuche rein anzustellen, denn fast unwillkürlich verstärkt man, entweder den Nasenverschluss oder verschluckt die sich ansammelnde Wassermaasse, wegen des Kitzels und Druckes.

Schliesslich erwähne ich noch, dass ich alle die mitgetheilten Versuche bisher nur an mir selbst anzustellen Gelegenheit fand, und sehr wünschte ich, dieselben auch von Anderen wiederholt und bestätigt zu sehen[1], da das Generalisiren solcher Thatsachen, wie der mitgetheilten, nicht vorsichtig genug geschehen kann.

Als ein gutes Zeichen für die Allgemeingültigkeit der von mir an mir selbst nachgewiesenen und wahrscheinlich gemachten Veränderungen am Gaumensegel, beim Hervorbringen der reinen Vocale, kann ich nicht umhin, an die Beobachtung meines verehrten Lehrers PURKYNĚ zu erinnern, dass sich beim Uebergange vom *a* zum *e* der sogenannte Kehlraum, d. h. der Raum zwischen Kehlkopf, hinterer Rachenwand, Gaumensegel und Zungenwurzel erweitert, und die Erweiterung auch beim *i* bleibt — und an eine Stelle bei BRÜCKE

[1] Vergl. SCHUH. Wiener med. Wochenschrift Nr. 3, 1858.

(a. a. O., S. 29), welche auf erfreuliche Weise mit meinem Funde in Einklang steht und sehr gut durch denselben erklärt werden kann.

Brücke sagt: »Es gelingt zwar, jeden Vocal mit dem Nasenton hervorzubringen, doch macht mich Herr Professor Miklosich darauf aufmerksam, dass in allen ihm bekannten Sprachen nur *a*, *ä*, *ö* und *o* als Nasenvocale vorkommen. Ebenso führt J. Müller in seinem Lehrbuche der Physiologie nur diese Nasenvocale auf, die sich in der That leichter und bequemer als die übrigen bilden lassen.« Offenbar weil, füge ich hinzu, für *a*, *e* und *o* das Velum tiefer steht, und ein weniger dichter oder fester Verschluss der Nasenhöhle, der beim Nasenton bekanntlich ganz aufgehoben werden muss, erfordert wird, als für *i* und *u*.

Krakau, den 26. Februar 1857.

Nachschrift vom 3. März 1857.

Einer freundlichen Aufforderung meines hochverehrten Collegen Herrn Professors Brücke folgend, theile ich nachträglich noch die Resultate einiger vorläufigen, mit meiner Gaumensonde angestellten Untersuchungen über das Verhalten des weichen Gaumens beim Hervorbringen der Consonanten mit.

Ich lege hierbei natürlich die unübertreffliche, systematische Eintheilung der Consonanten von Brücke zu Grunde.

1) Wie zu erwarten stand, gab der Zeiger meiner Sonde für alle »tonlosen Verschlusslaute« die grösstmögliche Hebung des Gaumensegels während des Nasenverschlusses an, namentlich wenn ich dieselben kräftig aussprach, wobei das hochstehende Gaumensegel durch die gepresste Luft offenbar auch noch passiv hervorgewölbt wurde.

Für die »tönenden Verschlusslaute« war der Ausschlag des Zeigers in der Regel etwas weniges geringer — ohne Zweifel, weil dieselben sanfter als die tonlosen und mit zum Tönen verengter Glottis hervorgebracht werden.

2) Beim Erzeugen der tonlosen sowohl, als der tönenden »Reibungsgeräusche« verhält sich das Gaumensegel ganz in derselben Weise, wie bei den Verschlusslauten, nur war dabei der Ausschlag des Zeigers fast immer ein wenig kleiner, als bei den entsprechenden tonlosen und tönenden Verschlusslauten, was zum Theile mit der verschiedenen Energie des Aussprechers, unter übrigens gleichen Umständen aber mit dem Ausströmen der gepressten Luft (durch die im Munde gebildete Enge) zusammenhängen mag.

Für die *L*-Laute, welche sich an die Reibungsgeräusche an-

schliessen, fand ich die Hebung des Gaumensegels etwas geringer, als für die übrigen Reibungsgeräusche; dies ergab sich besonders deutlich beim Uebergange von *l* zu *s*, wobei sich der Zeiger deutlich höher hob.

3) Für die »Zitterlaute« der ersten und zweiten Reihe ist die Hebung des Gaumensegels bei mir viel grösser, als für jene der dritten Reihe. Beim *r* gutturale werden die Vibrationen des Gaumensegels der Sonde meist deutlich mitgetheilt. Uebrigens habe ich die Sonde häufig auch dann erzittern sehen, wenn ich mich bemühte, das Zungen *r* rein und kräftig zu sprechen.

4) Die sämmtlichen »Resonanten«, wie die Vocale mit Nasenton, zeichnen sich bekanntlich von allen übrigen Lauten durch die Abwesenheit des Nasenverschlusses aus.

Wenn ich diese Laute hervorbrachte, so blieb deshalb die Gaumensonde ganz unbewegt, und das in die Nase gespritzte Wasser stürzte plötzlich in den Kehlraum hinunter.

Die meisten der eben mitgetheilten Thatsachen bestätigen allerdings nur Bekanntes, allein einige derselben sind nicht mit solcher Sicherheit vorauszusehen gewesen, als dass sie nicht verdient hätten besonders hervorgehoben und festgestellt zu werden.

XXXVI.

Ueber secundäre Zuckung vom theilweise gereizten Muskel aus (sammt Nachtrag).

[Wiener akademische Sitzungsberichte 1857; der Nachtrag: allg. Medicin. Central-zeitung 5. Juni 1861.]

So möchte ich der Kürze halber einen besonderen, meines Wissens bisher noch nicht beschriebenen Fall von »Zuckung ohne Metalle« nennen, welcher in mehrfacher Hinsicht nicht ganz ohne Interesse sein dürfte.

Ich habe nämlich am 7. Mai l. J. die Beobachtung gemacht (und seither sehr häufig wiederholt), dass ein nach Du Bois' Vorschrift sorgfältig isolirter stromprüfender Froschschenkel eine Schliessungs-zuckung zeigt, wenn man seinen mit einem Glasstabe aufgenommenen Nerven plötzlich auf den natürlichen Längsschnitt eines in partieller idiomusculärer[1]) Contraction befindlichen Kaninchen- oder Tauben-muskels[2]) in der Art fallen lässt, dass er den contrahirten und den nicht contrahirten Theil der gereizten Fasern gleichzeitig berührt.

Eine Oeffnungszuckung konnte ich niemals ganz unzweideutig wahrnehmen.

Fiel der Nerv auf den unveränderten, natürlichen Längsschnitt des Muskels oder auf den nicht contrahirten Theil der Fasern allein, wenn auch ganz nahe an den idiomusculären Wulst, oder gegen indifferente feste Körper, so zeigte sich keine Zuckung — wodurch einerseits der Verdacht einer mechanischen Reizung des Nerven be-seitigt ist, andererseits erwiesen scheint, dass die Verhältnisse der elektromotorischen Wirksamkeit des natürlichen Längsschnittes an der

[1] Fährt man sanft drückend mit einem stumpfen Instrument quer über eine Strecke irgend eines animalischen Muskels hin, so erhebt sich bekanntlich die unmittelbar berührte Stelle langsam zu einem Wulste auf dem ruhigen Muskel. Schiff hat diese Art der partiellen Verkürzung der animalischen Muskelfaser die idiomuskuläre genannt. — Vgl. Froriep's Tagesberichte 1851, Nr. 300, S. 193.

[2] Die meisten Versuche machte ich an der inneren Oberfläche der Bauch-muskeln lebender oder eben getödteter Kaninchen.

idiomusculär contrahirten, sonst aber unverletzten Stelle eine Aenderung erlitten haben.

Für jene, welche diese Versuche wiederholen wollen, muss ich bemerken, dass sehr reizbare Froschschenkel[1]) zwar auch zucken, wenn ihre Nerven auf den unveränderten natürlichen Längsschnitt des Muskels oder auf den nicht contrahirten Theil der local gereizten Fasern allein, ohne zugleich den idiomusculären Wulst zu berühren, herabfallen, dass dann aber die Zuckung immer merklich schwächer ist, als bei der oben angegebenen Anordnung der Berührungspunkte zwischen Nerv und Muskel.

Will man daher die beschriebene Erscheinung sicher und ganz unzweideutig sehen, so muss man gerade jenes Stadium der mittleren Erregbarkeit des physiologischen Rheoskops abwarten und treffen, in welchem die schwachen elektrischen Ströme des unveränderten natürlichen Längsschnittes der Muskeln so eben erst aufgehört haben, Zuckungen hervorrufen zu können.

Verschwindet der idiomusculäre Wulst nach einiger Zeit wieder, so wird die betreffende Stelle des natürlichen Längsschnittes in der Regel auch wieder unwirksam, doch scheint sich manchmal die Störung der elektrischen Verhältnisse daselbst länger, als die von blossem Auge sichtbare Wulstung zu erhalten — sogar unter Umständen, welche an eine Zerreissung der Fasern innerhalb ihrer unverletzten Scheiden in Folge des Druckstriches nicht wohl denken lassen.

Ich will nun versuchen die mitgetheilten Thatsachen aus den bekannten Gesetzen des Muskelstromes zu erklären und ihren etwaigen physiologischen Werth zu beleuchten.

Zunächst dürfte vorauszusetzen sein, dass die elektrischen Ströme der idiomusculär contrahirten Stelle in die negative Schwankung gerathen, und wir wollen für die vorliegende Betrachtung, mit A. Fick[2]), von der unterbrochenen oder periodischen Natur dieser Veränderung absehend, unterstellen, während der ganzen Dauer der Zusammenziehung sei die elektromotorische Kraft der Molekel anhaltend vermindert, oder, um die Vorstellung zu vereinfachen, wollen wir sie geradezu vernichtet denken. Dann wäre das ganze idiomusculär con-

[1] Beiläufig bemerkt, habe ich an diesen Froschschenkeln von höchster Erregbarkeit deutliche, mitunter sogar sehr heftige Zuckungen eintreten sehen, wenn ich ihren Nerv auf ruhende oder in peristaltischen Bewegungen begriffene Theile des Darmes von Kaninchen oder auf die Nieren oder die Leber dieser Thiere herabfallen liess.

[2] S. über theilweise Reizung der Muskelfaser v. A. Fick. In dem 1. Hefte des zweiten Bandes der Moleschott'schen »Untersuchungen« etc.

trahirte Stück der Fasern wie ein unwirksames Leiterstück anzusehen, welches den Längsschnitt und den Querschnitt leitend verbindet und von Strömen der starken Anordnung durchflossen, erregende Schleifen des ruhenden Muskelstromes der nicht contrahirten Fasertheile in den plötzlich (als Nebenschliessung) anfallenden Nerven entsenden muss. Der Froschschenkel zuckt.

Dass nur eine einfache Zuckung, nicht aber Tetanus entsteht, findet zum Theile vielleicht darin eine Erklärung, dass jene den Nerven erregenden Stromschleifen, welche wegen des vorhin nur behufs der Vereinfachung der Vorstellung als völlig unwirksam angenommen, in der That aber in der negativen Schwankung begriffenen contrahirten Faserstückes offenbar von schwankender Dichtigkeit sein müssen, wahrscheinlich eine zu geringe absolute Stromstärke besitzen werden, als dass sie eine tetanische secundäre Zuckung veranlassen könnten.

Ist die entwickelte Vorstellung im Allgemeinen richtig, so dürften die von mir beobachteten Erscheinungen eine neue Stütze für die Existenz des von A. Fick (a. a. O.) kürzlich aufgedeckten oder doch mehr als wahrscheinlich gemachten Unterschiedes zwischen Muskel und Nervenfaser abgeben, dass sich nämlich die an einer Stelle der Muskelfaser durch partielle Contraction hervorgebrachte Aenderung der elektromotorischen Wirksamkeit, welche in der negativen Schwankung ihren Ausdruck findet, nicht — wie dies unter allen Umständen in der local gereizten Nervenfaser der Fall ist — von einem Ende zum andern fortpflanze.

Entspricht aber dieser Erklärungsversuch nicht der Wirklichkeit, dann scheint in den mitgetheilten Thatsachen entweder eine bisher unbekannte Veränderung der elektromotorischen Wirksamkeit des idiomusculären Verkürzungszustandes verborgen zu sein; oder — (falls die idiomusculär contrahirte Stelle nur dann (?) eine Aenderung der elektromotorischen Wirksamkeit des natürlichen Längsschnittes veranlassen sollte, wenn sich zerrissene Fasern innerhalb des Wulstes befinden) — gar nur eine untergeordnete Abänderung der »Zuckung ohne Metalle« vorzuliegen.

Nachtrag.

Ich habe bekanntlich schon vor vier Jahren vermittelst des stromprüfenden Froschschenkels den ersten Nachweis geliefert, dass der in sogenannter idiomusculärer Contraction begriffene Muskel sein elektromotorisches Verhalten ändert. Es ist mir vor Kurzem gelungen, diesen Nachweis auch vermittelst des Multiplicators zu führen. Zu diesem

Ende habe ich Zuleitungsgefässe von besonderer Form construirt, deren Anwendung sich überall empfiehlt, wo es sich darum handelt, genau bestimmte und sehr beschränkte Stellen ableitend zu berühren. — Meine Zuleitungsgefässe werden durch zwei Glasspritzen dargestellt, wie man sie zu medicinischen Zwecken gebraucht, nur wird der Stempel durch eine Glasröhre ersetzt, welche vorn mit einem Fliesspapierpfropf oder einem Goldschlägerhäutchen, hinten mit einem Kork verschlossen ist. Im Innern der Röhre befindet sich concentrirte Zinkvitriollösung, durch den Kork geht ein amalgamirter Zinkdraht, der sich zu einer langen Spirale aufrollt, und aussen ist die Röhre mit Baumwollenfäden umwickelt, so dass sie als Stempel wirken kann. Die Spitze der Spritze wird durch Zurückziehen des Röhrenstempels mit frischem Hühnereiweiss gefüllt, jede Luftblase sorgfältig entfernt, und auf diese Weise eine ableitende Vorrichtung hergestellt, welche gleichartig und unpolarisirbar ist und mit freier Hand, oder in ein nach allen Richtungen bewegliches Stativ eingespannt, ganz genau bestimmten Punkten angelegt werden kann.

Berührte ich nun vermittelst dieser Zuleitungsgefässe zwei in derselben Faserrichtung gelegene Punkte des innern schiefen Bauchmuskels eines Kaninchens, so erhielt ich einen Strom der »schwachen Anordnung«, welcher im Kreis des Multiplicators, z. B. von dem von der *Linea alba* entferntern gegen den der *Linea alba* nähern Punkt floss. (Die Existenz dieses schwachen Muskelstromes zeigen sehr empfindliche Froschschenkel auch an, wenn man ihren Nerv auf den Kaninchenmuskel herabfallen lässt. Wie ich a. a. O. mittheilte, verlieren aber die Nerven sehr bald den hierzu nöthigen Grad der Erregbarkeit). Wurde nun an einem der ableitend berührten Punkte vermittelst eines Druckstriches ein idiomusculärer Wulst erzeugt und dieser ableitend berührt, während das andere Zuleitungsgefäss seine frühere Stelle einnahm oder einen andern, diesseits oder jenseits des Wulstes in der Faserrichtung gelegenen Punkt berührte, so zeigte der Multiplicator sofort einen b e d e u t e n d s t ä r k e r n Strom an, welcher durch die Drahtleitung constant in der Richtung vom nicht contrahirten Muskel zum idiomusculären Wulst ging. D e r l e t z t e r e v e r h ä l t s i c h a l s o n e g a t i v z u m e r s t e r n. — Die Discussion dieser neuen, wiewohl, in Berücksichtigung meiner Versuche mit dem Froschschenkel, schon a priori zu erwartenden Thatsache und ihre Verwerthung zur Unterstützung der durch Kühne (M ü l l e r's Archiv, 1859) aufgestellten Ansichten über die sogenannte idiomusculäre Zuckung behalte ich mir für später vor.

XXXVII.

Beiträge zur Kenntniss der Beihilfe der Nerven zur Speichelsecretion.

[*Wiener akademische Sitzungsberichte 1857.*]

(Hierzu Tafel 21).

Prof. Ludwig, der bekanntlich vor einigen Jahren die directe Beihilfe gewisser Hirnnerven zur Speichelsecretion entdeckte [1]), hat im vorigen Sommer gefunden, dass auch die Reizung des sympathischen Astes der *Gl. submaxillaris*, ja des Halstheiles des Sympathicus selbst die Speichelsecretion einleiten könne.

Ohne von dieser letzteren Thatsache etwas zu wissen, habe ich im Jänner l. J. unabhängig von Ludwig durch 9 Versuchsreihen an Hunden, die ich mit meinem Assistenten Dr. G. v. Piotrowski in dem unter meiner Leitung stehenden physiologischen Institute der k. k. Jagell. Universität zu Krakau anstellte, den Einfluss der Reizung des Sympathicus am Halse auf die Speichelsecretion constatirt, überdies aber die merkwürdige Wahrnehmung gemacht, dass die Reizung dieses Nervenstammes unter gewissen Umständen auch hemmend auf den mächtigen Speichelstrom einwirken könne, der bekanntlich bei der Erregung des Drüsenastes vom *N. lingualis*, aus der *Gl. submaxillaris* hervorquillt.

Eine kurze Notiz über meinen unerwarteten Fund habe ich bei der kais. Akademie der Wissenschaften in einem versiegelten Schreiben, welches Prof. Brücke am 5. Februar l. J. zu überreichen so gütig war, hinterlegt.

Jetzt stehe ich nicht mehr an, die vorläufigen Resultate meiner Untersuchungen zu veröffentlichen, da ich während meines letzten Aufenthaltes in Wien (Ostern 1857) im Laboratorium der k. k. Jo-

[1] Ludwig in der Mitth. der Zürich. naturf. Gesellsch. 1851.

sephs-Akademie gemeinschaftlich mit Prof. LUDWIG und vor Kurzem auch wieder im Krakauer Institute mit Dr. von PIOTROWSKI eine neue Reihe von einschlägigen Versuchen angestellt habe, die zwar noch lange nicht als abgeschlossen zu betrachten sind und mich desshalb auch noch fortwährend beschäftigen, die aber doch schon keinen Zweifel mehr übrig lassen, dass die aus irgend einem Grunde im Gange befindliche Speichelsecretion aus der *Gl. submaxillaris* beim Hund durch elektrische Reizung des Halstheiles des Sympathicus unter gewissen Umständen in kurzer Zeit auffallend verlangsamt, ja selbst gänzlich zum Stehen gebracht werden könne.

Hinsichtlich der Ausführung meiner letzten Versuche will ich Folgendes bemerken:

In den Ausführungsgang der *Gl. submaxillaris* wird ein kleines Röhrchen eingebunden, an welches eine längere graduirte Glasröhre von der Dicke eines Gänsekieles leicht angesteckt werden kann.

An der Eintheilung dieser in fast horizontaler Richtung fixirten Steigröhre kann man den jeweiligen Stand der Speichelsäule genau ablesen. Ist die Steigröhre voll, so wird sie entfernt, entleert, und dann wieder angesteckt.

Die Reizung der Nerven geschieht auf elektrischem Wege vermittelst zweier von derselben Säule getriebener[1] DU BOIS'scher Inductionsapparate, von denen der eine nur mit dem Drüsenaste des *N. lingualis*, der andere nur mit dem Halstheile des Sympathicus durch seinen Reizträger in Berührung ist.

Als Reizträger empfehlen sich hier (wie überall, wo es sich um eine möglichst isolirte elektrische Reizung lebender Nerven handelt) jene einfachen Apparate, welche neuerlich in LUDWIG's Laboratorium gebraucht werden.

Sie bestehen aus zwei Platindrähten, die auf einer biegsamen, nicht leitenden, bandartigen Unterlage befestigt, bequem durch angelöthete durchbohrte Kupfercylinder mit den Leitungsdrähten des Inductionsapparates in Verbindung zu setzen sind. Sie haben den grossen Vortheil, dass sie leicht unter dem eine kurze Strecke weit frei präparirten Nerven durchgesteckt, dann umgebogen und sammt dem von ihnen umgriffenen Nerven in die Tiefe der Wunde, welche man schliesslich zunäht, zurückgeschoben werden können, so dass die Nerven, vor schädlichen äusseren Einflüssen geschützt, unter mög-

[1] Es versteht sich von selbst, dass nur einer der Unterbrecher in Thätigkeit belassen, der andere durch Herabdrehen der Stellschraube festgestellt wird.

lichst günstigen Bedingungen sich befinden, stundenlang ihre Erregbarkeit bewahren und unverrückt in der 'Oese zwischen den Platindrähten ruhen.

Behufs der raschen beliebigen Unterbrechung der Wirkung der Inductionsapparate habe ich nach PFLÜGER's Vorgang Nebenschliessungen aus dickem Kupferdraht angebracht.

Die mit Glaspapier blank geriebenen Köpfe der Schrauben, welche die Leitungsdrähte an die Inductionsrolle befestigen, steckten nämlich in durchbohrten Korken und bildeten so den Boden kleiner mit Hg. gefüllter Näpfchen, die dann nach Belieben durch einen kurzen dicken Kupferdraht leitend verbunden werden konnten.

Ich habe mich überzeugt, das wenn die Enden des als Nebenschliessung gebrauchten Kupferdrahtes in die Quecksilbernäpfchen tauchen, auch der empfindlichste Froschschenkel keine Spur von Wirkung in dem Kreise der Leitungsdrähte anzeigt, während dieselbe sofort in beliebiger Stärke eintritt, sobald man den Kupferdraht aus den Quecksilbernäpfchen heraushebt.

Auf diese Art konnte ich überaus bequem, sicher und schnell bald beide Nerven zugleich, bald den einen oder den anderen für sich allein in Erregung versetzen oder alle Reizung unterbrechen, ohne irgend eine Störung der Thätigkeit der Säule und der Inductionsapparate, und ohne unipolare Wirkungen befürchten zu müssen. Je nach der Stellung der beiden Inductionsrollen auf den DU BOIS'schen Schlitten konnten die beiden Nerven nach Belieben mit gleicher oder verschiedener Intensität erregt werden. Es versteht sich, dass die Wirkungen der Apparate bei gleicher und bei verschiedener Stellung der Inductionsrollen vorher mit einander verglichen werden müssen.

Ist alles in der angegebenen Weise vorgerichtet, so kann man zu den Versuchen selbst schreiten, und einem Gehilfen, der die absolute Zeit notirt, die gewählte Anordnung der Erregung und den jeweiligen Stand der Speichelsäule dictiren.

Herr Dr. v. PIOTROWSKI, der ein geübter Stenograph ist, hat mir bei diesen Versuchen durch seine Geschicklichkeit und Gewissenhaftigkeit im Notiren die wesentlichsten Dienste geleistet. —

Indem ich zur Mittheilung der Resultate meiner Untersuchungen übergehe, muss ich jedoch nochmals hervorheben, dass ich nur die letzten Versuchsreihen in der skizzirten exacten Weise ausgeführt habe, indem sich die Methode erst mit der öfteren Wiederholung der Experimente so weit vervollkommnete.

1. Durch Reizung des *N. Sympathicus* am Halse, mag derselbe undurchschnitten sein oder nach der Durchschneidung sein Kopfende

gereizt werden, ist es möglich die Speichelsecretion aus der *Gl. submaxillaris* einzuleiten.

In weitaus den meisten Fällen ist das Steigen der Speichelsäule nur unbedeutend und hört dann auch fast immer schon nach sehr kurzer Zeit, trotz fortdauernder Reizung, gänzlich oder fast gänzlich auf, beginnt aber manchmal nach Unterbrechung der Reizung von selbst wieder.

Nur bei einem einzigen Hunde veranlasste die Reizung des Sympathicus wiederholt ein sehr beträchtliches continuirliches Steigen der Speichelsäule, ähnlich wie die Reizung des Drüsenastes vom *N. lingualis*.

Spätere Versuche werden die Bedingungen, unter welchen solche scheinbare Ausnahmsfälle eintreten, zu ermitteln haben.

Bei der Reizung des Sympathicus erweitert sich zugleich, bekanntlich, die Pupille, und es gehen beide Erscheinungen (Pupillenerweiterung und Speichelsecretion) meist Hand in Hand, doch habe ich mich überzeugt, dass zuweilen die eine ohne die andere auftritt.

2. Durch Reizung des Drüsenastes vom *N. lingualis* wird nach LUDWIG's glänzender Entdeckung eine in der Regel überaus copiöse Speichelabsonderung eingeleitet und die Flüssigkeit schreitet sehr rasch und continuirlich in der graduirten Steigröhre fort, doch steigt die Speichelsäule nicht immer mit gleichförmiger Geschwindigkeit, sondern erfährt zuweilen eine beträchtliche Verlangsamung oder Beschleunigung ihrer Bewegung, was sich unmittelbar aus der Betrachtung einiger schon von LUDWIG mitgetheilten Curven ergibt.

LUDWIG schob diese Unregelmässigkeiten auf die Mangelhaftigkeit seiner damaligen Reizungsmethode. Meine weiter unten mitgetheilten Erfahrungen scheinen jedoch ein ganz anderes Licht auf diese Erscheinung zu werfen; namentlich da sich in jenem Drüsenaste vom Lingualis auch sympathische Fäden, und in der Drüse selbst Ganglienkugeln finden.

In seltenen Fällen erscheint die Speichelsecretion bei Reizung des Drüsenastes vom *N. lingualis* auffallend gering, oder bleibt auch völlig aus.

Ein solcher Fall war es, der mich zur Entdeckung der »Hemmungs-Erscheinungen« bei Reizung des Sympathicus führte.

Ich hatte am 23. Jänner laufenden Jahres die gewöhnlichen Vorbereitungen zu den Versuchen über Speichelsecretion getroffen, hatte aber den Versuch mit der Reizung des Sympathicus, statt wie sonst mit der des Drüsenastes vom *N. lingualis*, begonnen und sah nun zu meinem grossen Erstaunen, dass auf Reizung des Drüsenastes vom *N. lingualis*, welche unmittelbar nach Unterbrechung der Sympathicus-

Reizung eingeleitet wurde, das Steigen der im Anfangstheile der graduirten Röhre stockenden Speichelsäule gänzlich ausblieb.

Ich reizte dann den Sympathicus und den Drüsenast vom Lingualis wiederholt nach einander, doch ohne Erfolg, d. h. ohne ein Steigen der Speichelsäule zu erzielen. Missmuthig über dieses scheinbare Misslingen des Versuches gab ich seine Fortsetzung, etwas übereilt, auf und verzeichnete denselben mit wenigen Worten als misslungen in meinem Tagebuche. Später jedoch überlegte ich mir die Sache genauer und kam sofort auf den Gedanken, ob nicht etwa die wahrgenommene Hemmung der Speichelsecretion einer durch die vorangegangene ausgiebige Reizung des Sympathicus bewirkten Veränderung des Kreislaufs, der Gefässe oder irgend welcher Drüsen- oder Nervenelemente zuzuschreiben sei?

Ein zweiter in derselben Weise angestellter Versuch schien den in mir aufgestiegenen Verdacht zu rechtfertigen.

Weitere Versuche widersprachen zwar meiner ursprünglichen Vermuthung, allein die Unmöglichkeit einer irgendwie hemmenden Wirkung des Sympathicus auf die Speichelsecretion war damit noch nicht bewiesen.

Ich bin jetzt sehr zufrieden, dass ich mich durch diese negativen Erfahrungen nicht gleich von der Verfolgung des einmal gefassten Gedankens habe abschrecken lassen, da an meiner ersten Vermuthung immerhin etwas Wahres bleibt und die Experimentalphysiologie durch die sogleich mitzutheilenden Resultate meiner späteren Versuche um eine sehr merkwürdige Thatsache bereichert wird.

3. Ich setzte meine Untersuchung, nachdem sie einmal aus dem Stadium der beiläufigen Vorversuche hervorgetreten war, in der Absicht fort, zunächst zu ermitteln wie sich das Steigen der Speichelsäule verhalte, während der Sympathicus und der Drüsenast vom Lingualis zu gleicher Zeit gereizt werden.

In dieser Beziehung hat sich bei dem vorletzten und letzten Hunde, von denen der erstere nur auf einer, der letztere aber auf beiden Seiten operirt worden war, aus 18 hinter einander angestellten Versuchen mit aller nur wünschenswerthen Sicherheit ergeben, dass die Speichelsäule gleich beim Beginn der Reizung beider undurchschnittenen, in ihren natürlichen Verbindungen belassenen Nerven (der Sympathicus wurde stets durch etwas stärkere elektrische Ströme erregt als der Drüsenast des Lingualis), oder doch bald nach dem Beginne der Reizung, mit sehr grosser, beschleunigter Geschwindigkeit zu steigen begann, aber schon nach 15—30 Sec. eine sehr auffallende, rasch wachsende Verzögerung ihrer Bewegung erfuhr und

endlich in mehreren Fällen in gänzlichen Stillstand gerieth, während sie bei alleiniger Reizung des Drüsenastes vom Lingualis viel längere Zeit in mehr oder weniger gleichmässigem raschen Steigen verblieben wäre. (Vgl. Fig. 1 und 5, Taf. 21 mit den übrigen). Wurde dann die Reizung beider Nerven unterbrochen, so stellte sich als Nachwirkung (durch Reflex?) ein ganz allmähliches Steigen der Speichelsäule ein.

Wurde nur die Reizung des Sympathicus unterbrochen, so ergab die fortgesetzte Reizung des Drüsenastes des Lingualis meist eine verhältnissmässig sehr geringe Wirkung, ja in einem Fall, wo in Folge der Erregung beider Nerven nach der anfänglichen Beschleunigung des Steigens der Speichelsäule endlich völliger Stillstand derselben eingetreten war, blieb die Speichelsäule sogar während einer über eine halbe Minute andauernden Reizung des Drüsenastes vom Lingualis unverrückt stehen. (Taf. 21, Fig. 2). Dieser Fall dürfte beitragen, jenen oben erwähnten, scheinbar misslungenen Versuch, der mich zu den vorliegenden Untersuchungen veranlasste, zu erklären.

Die Wirkung der nach Unterbrechung der Reizung des Drüsenastes vom Lingualis fortgesetzten Sympathicus-Reizung ersieht man aus Fig. 2. In ähnlicher hemmender Weise wirkt die Sympathicus-Reizung auch auf den Speichelstrom, der in Folge einer Nachwirkung einer früheren Erregung aus der Drüse hervorquillt. (Vgl. Taf. 21, Fig. 3).

Nach meiner unmaassgeblichen Auffassung nun dürfte, wie gesagt, in den von mir aufgefundenen Thatsachen eine neue Art von »Hemmungserscheinung« vorliegen, welche unverkennbar eine gewisse Analogie hat mit der von Ed. Weber und J. Budge entdeckten Hemmung der Herzthätigkeit durch Reizung der Vagi, so wie mit dem von Pflüger entdeckten Stillstehen der peristaltischen Darmbewegungen in Folge einer Reizung der *N. splanchnici*, und welche, wie es scheint (wenigstens zum Theil), unter dem Imperium des sympathischen Nervensystems steht.

Im vorliegenden Falle sind die Verhältnisse offenbar noch viel verwickelter, die Bedingungen der Erscheinung viel complexer als bei der Hemmung der Herz- und Darmbewegungen, weshalb es vorläufig bei der Mittheilung der nackten Thatsachen, welche mit der Zeit wohl manchen erweiternden und beschränkenden Zuwachs erhalten werden, sein Bewenden haben muss.

Schliesslich erlaube ich mir die letzte am 24. Mai l. J. an einem mittelgrossen, auf beiden Seiten operirten männlichen Hunde, mit aller Exactheit und Bequemlichkeit der oben skizzirten Beobachtungsmethode angestellte Versuchsreihe in extenso mitzutheilen.

A. Versuchsreihe auf der rechten Seite.

Es wurde mit der Reizung des Drüsenastes vom *N. lingualis* begonnen um:

H.	M.	S.	Jeweiliger Stand der Speichelsäule an der Millimeterscale der Steigröhre.
10	30	57	0
—	31	15	0
—	—	30	10
—	—	35	20
—	—	45	30
—	—	50	40
—	32	0	50
—	—	12	60
—	—	17	70
—	—	24	80
—	—	26	88
—	—	29	90
—	—	31	95
—	—	35	100
—	—	43	110

Nun wurde die Reizung unterbrochen, als Nachwirkung ergab sich:

10	32	55	120
	33	25	130
	—	55	140

Die Steigröhre wurde entfernt, zum grössten Theil (bis auf 30 mm) entleert und wieder angesteckt. Es begann die gleichzeitige Reizung des Drüsenastes vom Lingualis und des Sympathicus um:

10	35	10	30
	—	14	40
	—	17	50
	—	21	60
	—	29	80
	—	35	90
	—	43	100
	—	52	105
	36	5	110
	—	30	113

Jetzt stand die Speichelsäule still. Die Reizung des Sympathicus wird unterbrochen um $10^h\ 36^m\ 50^s$, die fortgesetzte Reizung des Drüsenastes vom Lingualis allein dauerte bis:

10	37	25	113

der Stand der Speichelsäule blieb derselbe. Nach Unterbrechung der Reizung des Drüsenastes vom Lingualis, also nach Unterbrechung aller Reizung ergab sich als Nachwirkung:

10	37	45	114	
	38	10	115	(Schlingbewegung).
	—	36	120	
	41	20	123	

Nachdem Stillstand eingetreten war, wurden wieder beide Nerven gleichzeitig gereizt um:

H.	M.	S.	Stand der Speichelsäule.	
10	41	57	130	(Durch Verrückung der Steigröhre).
	42	2	140	
	—	6	150	
	—	10	160	
	—	17	170	
	—	20	175	
	—	25	180	
	—	31	185	
	—	42	189	
	—	44	190	
	—	47	191	
	—	54	192	
	43	3	193	

Die Reizung des Sympathicus wird unterbrochen. Die fortgesetzte Reizung des Drüsenastes vom Lingualis ergab:

10	43	16	194	
	—	25	195	
	—	34	196	
	—	40	197	
	—	45	198	
	—	49	199	
	—	52	200	
	—	56	201	
	—	59	202	
	44	3	203	
	—	7	204	
	—	9	205	
	—	15	206	Alle Reizung unterbrochen; Nachwirkung:
	44	34	208	Stillstand; die Steigröhre wird entleert und dann wieder beide Nerven gereizt:
10	46	0	0	
	—	15	0	
	—	20	10	
	—	32	20	
	—	36	25	
	—	42	30	
	—	51	35	
	47	4	40	
	—	15	41	
	—	30	41	Die Leitung zum Drüsenast vom Lingualis unterbrochen, der allein gereizte Sympathicus ergab:
10	47	45	42	
	48	0	42	
	—	7	43	Alle Reizung unterbrochen um:
10	48	20	43	Nachwirkung:
10	48	25	44	
	—	30	45	
	50	45	49	
	52	50	51	
	53	55	52	

H.	M.	S.	Stand der Speichelsäule.	
	57	25	54	Stillstand; abermalige Reizung beider Nerven um:
10	58	35	54	
	—	45	60	
	—	54	65	
	59	9	70	
	—	36	74	Schlingbewegung.
	—	49	80	
11	0	0	85	
	—	13	90	
	—	27	93	
	—	36	95	
	—	55	99	
	1	0	100	
	—	20	105	
	—	33	106	Die Leitung z. Sympathicus unterbrochen; Reizung des Drüsenastes v. Lingualis allein.
11	1	43	110	
	—	54	112	
	2	10	115	
	—	20	120	
	—	28	121	Alle Reizung unterbrochen; Nachwirkung.
11	2	58	123	
	4	57	124	
	7	40	124	Stillstand; abermalige Reizung beider Nerven (mit verstärkten elektrischen Strömen).
11	8	30	124	(Schlingbewegung).
	—	46	126	(Reizung noch mehr verstärkt).
	9	25	126	
	—	55	127	(Stillstand).

B. Versuchsreihe auf der linken Seite.

Beide Nerven zu gleicher Zeit gereizt um:

H.	M.	S.	Stand der Speichelsäule.	
12	1	20	5	
	—	27	10	
	—	30	20	
	—	33	30	
	—	35	40	
	—	40	45	
	—	44	50	
	—	49	52	
	—	55	54	
	2	0	55	
	—	6	56	
	—	17	60	
	—	30	61	Alle Reizung unterbrochen; Nachwirkung.
12	2	40	62	
	—	50	63	
	3	25	66	

Die Steigröhre wurde entleert und um 12h 4m 20s wieder angesteckt, so dass die Flüssigkeit in der Röhre bei 5 mm stand. Nachwirkung dauert fort:

H.	M.	S.	Stand der Speichelsäule.	
12	4	20	5	
	—	28	10	
	—	35	15	
	—	45	20	
	5	6	35	
	—	15	40	
	—	23	45	Um:
12	5	40	55	wird der Sympath. allein zu reizen begonnen:
12	—	48	58	
	—	51	59	
	—	55	60	
	6	3	61	
	—	10	62	
	—	25	64	Sympathicusreizung unterbrochen, daf. beg. um:
12	6	40		die Reizung des Drüsenastes vom Lingualis.
12	6	45	65	
	—	47	66	
	—	50	70	
	—	55	80	
	7	0	85	
	—	5	90	
	—	10	95	
	—	20	100	Alle Reizung unterbrochen; Nachwirkung.
12	7	30	105	
	—	48	110	
	9	35	155	Nach theilweiser Entleerung der Steigröhre:
	10	40	15	
	11	20	25	
	12	30	35	Um:
12	13	12	40	beginnt abermals die gleichzeitige Reizung beider Nerven:
12	13	17	50	
	—	20	60	
	—	22	70	
	—	25	80	
	—	27	85	
	—	30	90	
	—	35	100	
	—	38	107	
	—	42	108	
	—	45	109	
	—	47	110	
	—	51	112	
	14	0	113	
	—	10	115	Alle Reizung unterbrochen; Nachwirkung:
12	14	21	116	
	—	30	117	
	15	23	120	Abermalige gleichzeitige Reiz. beider Nerven:
12	15	28	125	
	—	31	130	
	—	34	135	
	—	37	140	

H.	M.	S.	Stand der Speichelsäule.	
	—	39	145	
	—	44	150	
	—	47	155	
	—	50	158	
	—	53	160	
	—	58	163	
	16	3	165	
	—	8	166	
	—	13	167	
	—	17	168	
	—	25	169	
	—	36	170	Alle Reizung unterbrochen; Nachwirkung.
12	16	58	171	Die Steigröhre wurde bis auf 7 mm entleert; Nachwirkung dauert fort.
12	17	38	7	
	—	55	10	
	18	12	12	
	—	30	14	Um:
12	18	40	15	beginnt wieder gleichzeitig die Reizung beider Nerven:
12	18	44	20	
	—	47	30	
	—	49	40	
	—	51	50	
	—	53	60	
	—	55	70	
	—	59	80	
	19	10	100	
	19	20	104	
	—	26	105	Alle Reizung unterbrochen; Nachwirkung:
12	19	45	109	
	20	0	111	
12	21	0	120	Steigröhre bis auf 8 mm entleert:
	22	0	8	
12	—	5	10	Um:
	22	30	14	begann abermals die gleichzeitige Reizung beider Nerven.
12	22	40	15	
	—	46	30	
	—	48	40	
	—	51	60	
	—	55	70	
	—	57	75	
	23	0	80	
	—	5	85	
	—	12	88	
	—	16	89	
	—	23	90	
	—	30	92	
	—	36	93	
	—	42	94	
	—	47	95	Unterbrechung aller Reizung; Nachwirkung:
12	24	0	99	
	—	16	100	
	25	29	109	Nochmalige gleichzeitige Reizung beider Nerven.
12	25	36	110	
	—	41	120	

H.	M.	S.	Stand der Speichelsäule.	
	—	43	130	
	—	45	140	
	—	49	150	
	—	54	160	
	—	56	165	
	26	0	170	
	—	12	173	
	—	20	175	
	—	38	179	
	—	42	180	Unterbrechung aller Reizung; Nachwirkung.
12	26	54	183	
	27	15	185	Steigröhre bis auf 5 mm entleert; Nachwirkung dauert fort.
12	27	55	5	
	28	10	8	
	—	24	9	
	—	45	11	Um:
12	29	15	14	abermalige Reizung beider Nerven.
12	29	25	15	
	—	34	30	
	—	36	40	
	—	38	50	
	—	43	60	
	—	48	70	
	—	53	75	
	30	4	80	
	—	12	82	
	—	20	83	
	—	33	84	
	—	40	85	Alle Reizung unterbrochen; Nachwirkung.
12	33	0	95	Um:
12	34	23	99	begann abermals die gleichzeitige Reizung beider Nerven.
12	34	50	100	
	—	56	110	
	—	59	130	
	35	3	150	
	—	7	160	
	—	12	165	
	—	16	168	
	—	21	170	
	—	27	172	
	—	35	175	
	—	58	180	Alle Reizung unterbrochen; Nachwirkung:
12	36	55	190	Steigröhre bis auf 9 mm entleert.
12	37	20	9	
	39	20	16	Um:
12	40	45	19	wurden wieder beide Nerven gleichzeitig, jedoch mit schwächeren Strömen gereizt.
12	41	17	20	
	—	23	30	
	—	25	40	
	—	29	60	
	—	32	70	
	—	36	80	
	—	44	85	
	—	51	90	

H.	M.	S.	Stand der Speichelsäule.	
12	42	42	95	
	—	9	100	
	—	18	105	
	—	29	110	
	—	39	115	
	—	48	120	
	—	55	125	Alle Reizung unterbrochen; Nachwirkung:
12	43	54	134	Steigröhre bis auf 7 mm entleert.
	44	27	7	
	45	32	11	Um:
12	48	15	14	wurden wieder beide Nerven gleichzeitig, jedoch mit stärkeren Strömen gereizt.
12	49	3	15	
	—	10	30	
	—	14	50	
	—	19	70	
	—	25	80	
	—	32	85	
	—	36	90	Die Leitung zum Sympathicus unterbrochen; der allein gereizte Drüsenast vom Lingualis ergab:
12	49	45	95	
	—	53	100	
	50	0	105	
	—	6	110	
	—	13	115	
	—	20	120	Alle Reizung unterbrochen; Nachwirkung:
12	50	27	125	
	51	1	130	Steigröhre bis auf 5 mm entleert:
12	51	35	5	
	52	15	8	
	53	0	9	Abermals wurden die beiden Nerven gleichzeitig gereizt um:
12	53	40	10	
	—	50	30	
	—	55	50	
	—	58	60	
	54	2	65	
	—	7	68	
	—	11	71	
	—	16	75	
	—	24	80	Die Leitung zum Drüsenast des Lingualis unterbrochen; fortdauernde Sympathicus-Reizung:
12	54	33	84	
	—	40	85	
	—	53	87	
	55	7	89	Alle Reizung unterbrochen; Nachwirkung:
12	55	46	92	
	57	16	95	Um:
1	4	40	97	wurde der Drüsenast des Lingualis mit verstärktem Strom allein gereizt.
1	5	27	97	
	—	36	110	
	—	40	130	
	—	44	140	
	—	52	160	
	6	0	170	
	—	8	180	

H.	M.	S.	Stand der Speichelsäule.
	—	22	190
	—	34	200
	—	50	220
	7	1	230
	—	11	240 Um:
1	7	20	250 wurde auch die Leitung zum Sympathicus hergestellt; die gleichzeitige Reizung beider Nerven (die Ströme für den Sympathicus waren jedoch nicht verhältnissmässig verstärkt worden) ergab nun:
1	7	26	260
	—	31	265
	—	41	275
	—	46	288
	—	57	290
	8	3	295
	—	6	300
	—	24	320
	—	29	325
	—	34	330
	—	30	335
	—	46	340
	—	97	344
	9	13	350

Die beifolgende Tafel enthält die graphischen Darstellungen einiger Bruchstücke der vorstehenden Versuchsreihe.

Ein Grad der Abscissenaxe entspricht einer Secunde, ein Grad der Ordinatenaxe einem Millimeter der Scala der Steigröhre.

Welchem Bruchstücke der Versuchsreihe die einzelnen Curven entprechen, ersieht man leicht aus der absoluten Zeit, welche an der Abscissenaxe notirt ist. Zur Erleichterung der Uebersicht habe ich überdies jede Curve durch Sternchen in Abschnitte getheilt, welche mit den Worten Sympathicus und Lingualis, Lingualis allein, Sympathicus allein, Nachwirkung u. s. w. bezeichnet sind, was so viel heisst, als: während der gemeinschaftlichen Reizung des Sympathicus und des Drüsenastes vom Lingualis, während der alleinigen Reizung des Drüsenastes vom Lingualis, während der alleinigen Reizung des Sympathicus, während der Unterbrechung aller Reizung u. s. w.

XXXVIII.

Ueber das Accommodationsphosphen [1 und 2].

[1. Wiener akad. Sitzungsber. 1857 und Moleschott's Untersuchungen, Bd. V. 1858. 2. Graefe's Archiv f. Ophthalmologie 1860. Bd. VII.]

1.

Von einem feuerigen Ringe, welcher entstehen soll, wenn man das Auge im Finstern »zum Nahesehen anstrengt« und »plötzlich wieder erschlafft« spricht schon Purkyně in seinen »Beobachtungen und Versuchen zur Physiologie der Sinne«. Berlin bei Reimer, 1825, Bd. II, S. 115.

Ich habe diese unverdienter Weise vergessene subjective Lichterscheinung, welche ich das »Accommodationsphosphen« nennen möchte, neuerdings einer sorgfältigen Untersuchung unterworfen und ihren offenbaren Zusammenhang mit den Accommodations-Veränderungen zu ermitteln versucht.

Folgendes kann ich als die vorläufigen Resultate meiner Bemühungen mittheilen.

1. Wenn man im Finstern die Augen für das Sehen in nächster Nähe einrichtet und dann plötzlich wieder für die Ferne accommodirt, so bemerkt man nahe an der Peripherie des Gesichtsfeldes einen ziemlich schmalen feurigen Saum, welcher, ringförmig in sich selbst zurücklaufend, in dem Momente aufblitzt, wo man mit der fühlbaren Anstrengung für's Nahesehen nachlässt.

2. Nach seiner Form und Lage im Sehfeld muss das Accommodationsphosphen durch eine Zerrung der Retina in der Gegend der *Ora serrata* bedingt sein.

3. Da ferner die höchste Intensität gleich beim Auftreten dieser subjectiven Lichtentwickelung, nicht mit der höchsten Anspannung des Auges für die Nähe, sondern, wie gesagt, mit dem Momente der Accommodationsbewegung zusammenfällt, wo man mit der fühlbaren

Anstrengung für's Nahesehen plötzlich nachlässt, wo also das Auge wieder fernsichtiger wird, so ergibt sich die wichtige Folgerung, dass eine jener, durch die Accommodation für die Nähe gesetzten Veränderungen mit solcher Trägheit in dem der Ruhelage seiner Theile zustrebenden Auge verschwindet, dass eben hierdurch die momentane Zerrung der Gegend der *Ora serrata* im plötzlich abgespannten Auge veranlasst wird, welche sich als das beschriebene Phosphen subjectiv sichtbar macht.

Ueberlegt man, welches diese Veränderung sein kann, so findet sich meines Erachtens keine andere, als die durch die CRAMER-HELMHOLTZ'schen Untersuchungen ermittelte Gestaltveränderung der Linse, nämlich ihr mit der Verkleinerung der Krümmungshalbmesser verbundenes Dickerwerden in der Richtung der optischen Axe.

Die Gestaltveränderungen der Linse lassen sich aber auf folgende Weise ungezwungen mit dem Accommodationsphosphen in einen causalen mechanischen Zusammenhang bringen.

Beim Nahesehen wird, namentlich durch die Wirkung des *Tensor chorioideae Br.*, die Zonula abgespannt, indem die Aderhaut sammt der Retina (bis in deren *Ora serrata* bekanntlich die Fasern der Zonula zu verfolgen sind) etwas nach vorn gezogen wird.

Die Linse nimmt dann, ledig des abplattenden Druckes der Blätter der Zonula, die convexere und dickere Gestalt an, welche der natürlichen Gleichgewichtsform der Linsenmolekel entspricht. (HELMHOLTZ).

Hört nun plötzlich die Wirkung des Tensor u. s. w. auf, so kehren alle durch dieselbe verschobenen Theile in ihre frühere Lage zurück. Indem aber die Retina ihren alten Lagerungsverhältnissen zustrebt, muss sie in der Gegend der *Ora serrata* durch die daselbst inniger, als die übrige Glashaut mit ihr verschmolzene Zonula, welche in Folge der etwas träge weichenden Convexität und Dicke der Linse plötzlich und heftig gespannt wird, local gezerrt werden — und das ringförmige Phosphen in dem von mir angegebenen Momente der Accommodationsbewegung vermitteln.

In so weit nun die gegebene Erklärung des Accommodationsphosphens befriedigend erscheint, dürfte wiederum die Existenz dieser Lichterscheinung als ein neues Argument für die Richtigkeit oder mindestens für die Wahrscheinlichkeit des in seinen Grundzügen angedeuteten Accommodations-Mechanismus, namentlich der beiden von HELMHOLTZ urgirten Momente sprechen, 1. dass die Gleichgewichtsform der Linse jene ist, für welche der äquatoriale Durchmesser und die Krümmungsradien der vorderen und hinteren Fläche der Linse die

die kleinsten Werthe haben, und 2. dass die Linse im ruhenden, fernsichtigen Auge zwischen den gespannten Zonulablättern abgeplattet wird.

Mag dem jedoch sein wie ihm wolle, so viel darf mit Bestimmtheit geschlossen und als bleibender Gewinn für die Lehre von den Accommodations-Veränderungen betrachtet werden, dass gewisse peripherische Theile der Retina während des plötzlichen Ueberganges aus dem Accommodations-Zustand für die grösste Nähe in jenen für die Ferne einer localen Zerrung ausgesetzt sind, welche in geringerem Grade wohl bei jeder plötzlichen Accommodations-Bewegung für die Ferne stattfinden mag.

Schliesslich bemerke ich nur noch, dass ich mich noch weiter mit der Untersuchung des Accommodationsphosphens zu beschäftigen gedenke, um den gemachten Erklärungs*versuch* entweder fester zu begründen oder zu berichtigen, da die aus demselben fliessenden Folgerungen für die Ermittelung wenigstens einiger Momente des noch immer ziemlich hypothetischen Accommodations-*Mechanismus* von unverkennbarem Werthe sein dürften, obschon sich nicht alle Augen zur Hervorbringung des Phosphens zu eignen scheinen.

2.

Wenn ich hier auf jene bereits von Purkyně [1]) erwähnte subjective Lichterscheinung, welche ich vor einiger Zeit genauer untersucht und wegen ihres nachweislichen Zusammenhanges mit den Einrichtungsbewegungen im Auge das »Accommodationsphosphen« genannt habe, nochmals zurückkomme, so geschieht dies hauptsächlich, um durch Anregung recht zahlreicher fremder Beobachtungen die Feststellung zu ermöglichen, ob und in welcher Weise sich dieses interessante Phänomen bei der Mehrzahl gesunder Augen findet.

Zu diesen Beobachtungen ist jedoch nur derjenige befähigt, der mit dem Sehen in subjectiver Hinsicht genügend vertraut ist und seinen Accommodationsapparat völlig in seiner Gewalt hat; negative Resultate solcher Beobachter, bei welchen diese beiden Grundbedingungen nicht *streng* erfüllt sind, zählen natürlich nicht mit.

Die wenigen Personen aus dem Kreise meiner näheren Bekannten, welche bisher die einschlägigen Versuche anstellten, konnten keine Spur der Lichterscheinung, welche bei Purkyně und bei mir so deutlich hervortritt, wahrnehmen. [2])

[1] Purkyně: Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne. Berlin bei Reimer, 1825, Bd. II. S. 115.

[2] In jüngster Zeit habe ich meinen Assistenten Herrn Dr. Col. Balogh zu

Da ich mir nicht erlauben darf, bei allen diesen Personen zur Erklärung des negativen Resultates ihrer Versuche geradezu Mangel an Ausdauer und Geschicklichkeit im Experimentiren vorauszusetzen, so vermuthe ich, dass es allerdings Augen geben mag, bei welchen die organischen und mechanischen Bedingungen des Accommodationsphosphens minder günstig zusammenwirken.

Darüber sollen nun eben fernere Beobachtungen Aufschluss geben, zu deren Anstellung ich durch diese Zeilen recht viele competente Forscher anregen möchte.

Die Bedeutung, welche ich dem Accommodationsphosphen l. c. beizulegen suchte und welche ich in ihrem ganzen Umfange aufrecht erhalte, dürfte das lebhafteste Interesse aller Jener in Anspruch nehmen, welche der Entwickelung der neueren Vorstellungen über den Accommodationsmechanismus des Auges aufmerksam gefolgt sind. — Doch zur Sache.

Wenn ich im Finstern die Augen willkürlich für ihren Nahpunkt einstelle und dann ganz plötzlich mit der fühlbaren und bedeutenden Anstrengung fürs Nahesehen nachlasse, so sehe ich, wie Purkyně zuerst angab, einen schmalen und ziemlich scharf begrenzten feuerigen Ring von bedeutendem Durchmesser — nahe an der äussersten Grenze des gemeinschaftlichen Sehfeldes aufleuchten.

Der feurige Ring ist bei mir nicht absolut kreisrund, sondern wie mein Sehfeld selbst, etwas elliptisch; der kleinere Durchmesser steht vertical, der grössere horizontal; seine Breite erscheint mir oben und unten etwas geringer als rechts und links.

Ich kann die beschriebene Lichterscheinung nicht beliebig oft rasch hintereinander hervorbringen; die Erregbarkeit der betheiligten Netzhautelemente scheint sich bald zu erschöpfen.

Desshalb ist demjenigen, der das Phänomen erst kennen lernen will, zu rathen, den Versuch erst nach einer längeren Ruhepause wieder aufzunehmen, wenn derselbe 5—6 Mal hintereinander erfolglos angestellt sein sollte. Die günstigsten Verhältnisse zur Anstellung der Versuche finden sich übrigens des Nachts oder des Morgens nach dem Erwachen, wenn die Netzhaut völlig ausgeruht ist. Es ist kaum nöthig, vor einer Verwechslung des Accommodationsphosphens mit jenen kleinen feurigen Kreisen oder Halbkreisen zu warnen, welche bekanntlich bei starken Seitwärtsdrehungen der Augen um den Opticuseintritt herum entstehen.

diesen Versuchen veranlasst und hat derselbe in seinen normalsichtigen, aber etwas reizbaren Augen meine Angaben über das Accommodationsphosphen in allen wesentlichen Punkten bestätigen können.

Die genauere Analyse der Erscheinung lehrt nun folgendes:

1. Die Qualität des erzeugten subjectiven Lichtes stimmt genau mit jener der allgemein bekannten Druckbilder überein, welche durch Druck oder Zerrung der Retina entstehen. Unser feuriger Ring ist daher offenbar durch mechanische Reizung einer gewissen Netzhautregion bedingt — er ist ein Phosphen.

2. Indem trotz des bedeutenden Durchmessers des ringförmigen Phosphens, in der Peripherie des Gesichtsfeldes für das indirecte Sehen ein schmaler finsterer Raum übrig bleibt, so müssen die mechanisch gereizten Netzhautpunkte ganz nahe hinter der *Ora serrata retinae*, in einer ziemlich scharfbegrenzten ringförmigen Zone liegen, welche für beide Augen »identisch« ist. Es ist kein Gebilde bekannt, welches an jener ringförmigen Zone mit der Retina zusammenhinge und einen daselbst localisirten mechanischen Reiz ausüben könnte — als die *Zonula Zinnii*, deren Fasern nach KÖLLIKER bekanntlich »etwas hinter der *Ora serrata* an der Aussenseite der *Hyaloidea* beginnen«, wo die Glashaut mit der Retina und diese wiederum mit der Chorioidea in den innigsten Contact kommt.

Die mechanische Reizung jener Netzhautzone wird somit in einer Zerrung derselben in Folge einer plötzlichen Spannung der *Zonula Zinnii* bestehen.

3. Die Dauer der ganzen Lichterscheinung ist sehr kurz, dennoch habe ich hinsichtlich ihres zeitlichen Verlaufs deutlich wahrnehmen können, dass die Lichtintensität nicht allmählich zunimmt, sondern plötzlich ihren höchsten Grad erreicht und dann erst allmählich, wiewohl auch noch sehr rasch auf Null herabsinkt.

Dies beweis't, dass die Bedingungen des Phosphens (Spannung der Zonula und Zerrung jener peripherischen Netzhautzone) gleich im Beginne der Erscheinung am stärksten sind und dann allmählich erst abnehmen.

4. Von besonderer Wichtigkeit war es, zu bestimmen, mit welchen Momenten der in der angegebenen Reihenfolge bei dem Versuche vorgenommenen Accommodationsbewegungen die Entstehung und der Versuch des Phosphens zeitlich zusammenfallen.

Ich habe mit Sicherheit und Genauigkeit ermittelt, dass das Phosphen entsteht, unmittelbar nachdem man die fühlbare Anstrengung für's Nahesehen plötzlich unterbrochen hat, und dass es ablauft während sich, nach Aufhebung der positiven Anstrengung das Gefühl des zurückkehrenden Ruhezustandes einstellt. Es ist immer schon längst verschwunden, wenn völlige Ruhe eingetreten ist.

In der That, wenn ich die Anstrengung für's Nahesehen so lange

stetig steigere, bis die Augen für ihren wirklichen Nahepunkt eingerichtet sind, so nehme ich, selbst im Momente der höchsten Anstrengung, niemals eine Spur des ringförmigen Phosphens wahr[1]; erst wenn ich plötzlich die Anstrengung aufhebe oder wenn ich den Zustand der höchsten Anspannung für den Nahepunkt so lange festzuhalten suche, dass in Folge der Ermüdung ein krampfhaftes Zittern, d. h. eine rasche Folge von plötzlichen kleinen Erschlaffungen und Zusammenziehungen im Auge eintritt, dann kommt das ringförmige Phosphen zu Stande.

Entstehung und Verlauf des Accommodationsphosphens — d. i. Spannung der Zonula und Zerrung der peripherischen Netzhautzone — fällt somit mit der plötzlichen Rückkehr der Anordnung der Theile, welche der Ruhelage des Auges entspricht, zusammen.

Der Widerstand, welchen (nach der plötzlichen Aufhebung der Anstrengung für's Nahesehen) die sich spannende Zonula zu überwinden hat, kann nur durch die Trägheit bedingt sein, mit welcher eine jener Veränderungen verschwindet, welche zur positiven Einrichtung (Nahesehen) des Auges gehört.

Ueberlegt man, welche diese Veränderung sein kann, so findet sich meines Erachtens keine andere als die durch die CRAMER-HELMHOLTZ'schen Untersuchungen sichergestellten Gestaltveränderungen der Linse.

Diese lassen sich aber auf folgende ganz ungezwungene Weise mit dem Accommodationsphosphen in einen causalen Zusammenhang bringen.

Für's Nahesehen wird, namentlich durch die Wirkung des *Tensor chorioideae* (BRÜCKE) die Zonula abgespannt, indem die Aderhaut sammt der anliegenden Retina (bis hinter deren *Ora serrata* die Fasern der Zonula zu verfolgen sind) etwas nach vorn gezogen wird[2]. Die Linse nimmt dann, ledig des abplattenden Druckes der Blätter der Zonula die convexere und dickere Gestalt an, welche der natürlichen Gleichgewichtsform der elastischen Linsensubstanz entspricht.

[1] Zuweilen beobachtete ich dagegen, wie auch — und zwar besonders deutlich — Herr Dr. BALOGH, unregelmässige blasse Lichtnebel im Sehfeld zerstreut.

[2] Für eine Verschiebung der Retina beim Nahesehen sprechen entschieden die durch die schönen und sorgfältigen Untersuchungen von AUBERT »Ueber den Einfluss der Entfernung des Objectes auf das indirecte Sehen« (MOLESCHOTT's Unters. z. Nat. d. M. Bd. IV. S. 33) bekannt gewordenen Erscheinungen.

Auch jene oben erwähnten Lichtnebel beim angestrengten Accommodiren für die Nähe liessen sich, abgesehen von dem erhöhten intraoculären Druck hiermit in Beziehung bringen.

Hört nun plötzlich die Wirkung des Tensor u. s. w. auf, so kehren alle für die positive Einrichtung verschobenen Theile in ihre frühere Lage zurück.

Indem nun die Retina plötzlich ihren alten Lagerungsverhältnissen zustrebt, die Zonula sich wieder anspannt — die bedeutende Convexität und Dicke der Linse aber dem abplattenden Drucke der gespannten Zonulablätter etwas träge weichen, so erfolgt nothwendig eine locale (anfänglich am stärksten hervortretende) Zerrung der Retina an jener nahe hinter der *Ora serrata* gelegenen ringförmigen Zone, bis zu welcher sich die Fasern der Zonula verfolgen lassen, — und es muss das beschriebene Phosphen mit allen Einzelnheiten seiner Erscheinung hervortreten.

In so weit nun die Erklärung des Accommodationsphosphens nach allen Seiten befriedigend erscheint, dürfte wiederum die Existenz dieser Lichterscheinung als ein neues Argument für die Richtigkeit der beiden von Helmholtz urgirten Momente des Accommodationsmechanismus sprechen: 1. dass die Linse im ruhenden, fernsichtigen Auge zwischen den gespannten Blättern der Zonula abgeplattet wird, und 2. dass die Gleichgewichtsform, welche die Linse im nahesichtigen Auge in Folge der Abspannung der Zonula, vermöge ihrer Elasticität annimmt, jene ist, für welche der äquatoriale Durchmesser und die Radien der vorderen und hinteren Linsenfläche die kleinsten Werthe haben.

Eine abwechselnde Füllung und Entleerung der Ciliarfortsätze, wie sie L. Fick (Müll. Arch. 1853) angenommen hat, würde (wenn nur erst die Contractilität der Substanz der Ciliarfortsätze erwiesen wäre), mit dem Vorgetragenen sehr gut in Zusammenhang zu bringen sein.

Ein Blick auf den schönen und correcten Durchschnitt Fig. II Tafel XX der *Icones physiologiae* von Ecker wird Jedem ersichtlich machen, dass eine Entleerung und Volumverminderung der Ciliarfortsätze beim Nahesehen die Abspannung der Zonula durch den Tensor; und umgekehrt die Füllung und Erection derselben die Anspannung der Zonula für den Accommodationszustand des ruhenden Auges wesentlich unterstützen müsste.

Schliesslich bemerke ich nur noch, dass das Accommodationsphosphen sowohl in kurzsichtigen (bei Purkyně) als in normalsichtigen (bei mir und Dr. Balogh) Augen vorkommt und jedenfalls den Beweis liefert, dass es Augen giebt, in welchen eine nahe hinter der *Ora serrata* gelegene ringförmige Netzhautzone bei dem plötzlichen Uebergang der »einrichtenden und eingerichteten Theile« des Accommoda-

tionsapparates, aus ihrer positiven Einrichtung (für die Nähe) in ihre Anordnung für den ruhenden relativ fernsichtigen Zustand, einer localen Zerrung (Phosphen) ausgesetzt ist.

Diese Thatsache ist eine bleibende Bereicherung unserer Kenntnisse von den, die Einrichtungsbewegungen begleitenden Veränderungen im Bulbus und giebt durch die Voraussetzungen, welche man zur befriedigenden Erklärung des Details der damit zusammenhängenden Lichterscheinung zu machen gezwungen ist, werthvolle Anhaltspunkte zur Beurtheilung der über den Accommodations mechanismus aufgestellten und noch aufzustellenden Hypothesen an die Hand.

Keine dieser Hypothesen wird fortan als völlig ausreichend und stichhaltig angesehen werden dürfen, welche nicht zugleich auch das »Accommodationsphosphen« vollkommen erklärt.

XXXIX.

Ueber die Dauer und die Anzahl der Ventrikel-Contractionen des ausgeschnittenen Kaninchenherzens

(gemeinschaftlich mit G. v. Piotrowski).

[Wiener akadem. Sitzungsberichte 1857 und Moleschott's Untersuchungen. V. Bd.]

Ein ausgeschnittenes Herz schlägt, sich selbst überlassen, bekanntlich noch einige Zeit fort, indem es innerhalb seiner Muskelwandungen ein automatisch erregendes Organ besitzt. Mit Wahrscheinlichkeit verlegt man dasselbe in die, in der Herzsubstanz zerstreuten Ganglien. Die Wirksamkeit dieses Ganglienervensystems, welches man das musculo-motorische genannt hat, ist an verschiedene Bedingungen geknüpft, namentlich an die Gegenwart von O haltigem Blut in den Herzgefässen, an die Erhaltung einer bestimmten Temperatur, und endlich auch an die Zustände der im Herzen verästelten Fasern der *N. vagi*.

Durch eine hinreichend starke Reizung dieser Vagusfasern, welche das sogenannte regulatorische Nervensystem des Herzens darstellen, wird bekanntlich die Herzthätigkeit in Diastole gehemmt.

Man ist noch nicht im Klaren, wie diese Wirkung des Vagus auf die Herzbewegungen zu Stande kommt; ob die Vagusreizung die Entwickelung selbst oder nur die Fortleitung der nach aussen übertragbaren Kräfte des musculo-motorischen Nervensystems hemmt?

In dieser Beziehung [1]) schien es uns von einiger Wichtigkeit, zu

[1] Beiläufig bemerkt auch hinsichtlich der durch KÖLLIKER genauer bekannt gewordenen Wirkung der Chloroforminhalationen auf den Herzschlag. Wir haben schon im November und December 1856 KÖLLIKER's Angaben durch mehrere Versuche bestätigt, und zugleich die neue Thatsache gefunden, dass die eintretende Hemmung des Herzschlages nach Durchschneidung der Vagi nicht ganz ausbleibt. Ueber die Erklärung der Chloroformwirkung könnte somit dieselbe Con-

ermitteln, wie lange und wie oft das ausgeschnittene Herz noch schlägt, je nachdem die Vagi vorher durchschnitten oder einige Zeit hindurch und während des Ausschneidens elektrisch gereizt worden waren.

Wir haben dieser Untersuchung mehr als 60 Kaninchen und viele Stunden in den Monaten Februar bis Juni l. J. geopfert.

Nichtsdestoweniger verkennen wir durchaus nicht, dass die verhältnissmässig bedeutende Zahl unserer Versuche noch viel zu gering ist, als dass einige der von uns erhaltenen Zahlen grosses Vertrauen beanspruchen könnten, obschon andere derselben allerdings kaum einen Zweifel über ihre allgemeine Gültigkeit zulassen.

Es ist uns von vornherein klar gewesen, dass es uns unmöglich sein würde, bei der Ermittelung des Antheils der voraufgegangenen Vaguswirkung an der, als Function der sie erzeugenden Bedingungen aufgefassten Leistung des ausgeschnittenen Herzens die übrigen an diesem Vorgange sich betheiligenden Bedingungen auch nur annähernd constant zu erhalten.

Denn hierzu wären wenigstens Kaninchen desselben Wurfes, in gleicher Weise aufgezogen und unter möglichst gleichen Umständen untersucht, erforderlich gewesen, da selbstverständlich ein und dasselbe Thier weder zu gleicher Zeit noch zu wiederholten Malen zu diesen Versuchen benützt werden kann.

Das k. k. physiologische Institut in Krakau, dessen Gründung freilich erst einige Monate zurückdatirt, ist jedoch noch nicht im Besitze einer eigenen Kaninchenzucht, da zunächst noch dringenderen Bedürfnissen Rechnung getragen werden musste.

Wenn wir uns nun nichtsdestoweniger auf diese Untersuchung einliessen, so lag der Grund einfach in der vielleicht nicht unberechtigten oder doch verzeihlichen Vermuthung, es werde die zu variirende Bedingung (Vaguswirkung) einen viel grösseren Einfluss auf die Erzielung von Differenzen in der Gesammtleistung (Thätigkeit des ausgeschnittenen Herzens) haben, als sich aus unseren Versuchsresultaten unmittelbar ergeben hat.

Dass wir unter solchen Umständen die ganze Untersuchung nicht früher haben fallen lassen und jetzt mit einer zu dem gemachten

roverse angeregt werden, welche über die ganz analoge Digitaliswirkung zwischen TRAUBE und STANNIUS besteht. Wüsste man genau, welchen Einfluss die voraufgehende Vagusreizung oder Lähmung auf die Leistung des aufgeschnittenen Herzens hat, so könnte man das Verhalten des in verschiedenen Phasen der Digitalis- und Chloroformwirkung ausgeschnittenen Herzens zur Beilegung jener Controverse gar wohl mit benützen.

Aufwande verhältnissmässig geringen Ausbeute an unzweideutigen positiven Resultaten vor die Oeffentlichkeit treten, findet wohl darin eine Entschuldigung, dass wir uns einerseits schon zu tief eingelassen hatten, um die Untersuchung sofort ganz abzubrechen, dass aber andererseits auch die Mittheilung negativer Resultate mitunter förderlich sein kann und selbst die kleinste positive Errungenschaft niemals ganz werthlos ist.

Wir theilen im Folgenden 60 unserer Versuche (von Nr. 3 bis inclusive Nr. 62) mit, von denen 30 an Männchen, 30 an Weibchen angestellt wurden. Sie sind tabellarisch in drei correspondirenden Reihen zusammengestellt, je nachdem a) das Herz einfach ausgeschnitten wurde (Tab. II, *A*, *B*), b) vor dem Ausschneiden desselben die Vagi, so dass das Herz möglichst lange und möglichst oft in Diastole stillstand, elektrisch gereizt (Tab. I, *A*, *B*), oder c) durchschnitten (Tab. III, *A*, *B*) worden waren.

Hinsichtlich der Ausführung der Versuche sei nur bemerkt, dass das Herz in allen Fällen nach rascher Eröffnung des Thorax in der Medianlinie und des Pericardiums, sammt einem Stücke der grossen Gefässe ausgeschnitten und ohne Zeitverlust auf ein Uhrglas gebracht, unter einer Glasglocke, unter welcher sich zugleich eine Taschenuhr mit Secundenzeiger befand, beobachtet wurde. Die Anzahl der Schläge der Ventrikel (die der Vorhöfe wurden vernachlässigt) notirten wir von 15 zu 15 Secunden, vom Moment des Ausschneidens an; für die letzten Schläge wurde die absolute Zeit verzeichnet.

Von den Rubriken der einzelnen Tabellen bedürfen nur die mit »Locationsnummern« überschriebenen Doppelrubriken einer kurzen Erklärung. Unter den Locationsnummern verstehen wir die Zahl, welche jedem einzelnen Versuche seine Stelle in der aufsteigenden Reihe anweist, die man erhält, wenn man sämmtliche 60 Versuche entweder nach der Dauer oder nach der Anzahl der Pulsationen anordnet. Jene Versuche, in welchen das ausgeschnittene Herz gleich lang oder gleich oft geschlagen hat, erhalten selbstverständlich die gleiche »Locationsnummer der Dauer« oder »der Anzahl«.

Die Summen der Locationsnummern geben Aufschluss darüber, welche der 6 Reihen von Herzen im Allgemeinen länger oder kürzer, häufiger oder seltener pulsirt hat, und dienen somit zur Controle der aus den absoluten Werthen berechneten Mittelzahlen.

Tabelle I.

Betreffend die während der einige Zeit hindurch bestandenen Vagusreizung ausgeschnittenen Herzen

Nummer des Versuchs	Dauer der Vagusreizung	Dauer der Schläge	Anzahl der Schläge	Locationsnummer der Dauer	Locationsnummer der Anzahl	Grösse des Thieres	Gewicht in Gramm	Temperatur nach Réaumur
A. Männchen.								
XXIX	5m 0s	5m 45s	152	9	7	klein	—	9 · 5
XII	3 · 40	9 · 45	404	23	37	mittel	—	11 · 5
XXXII	5 · 30	10 · 45	207	25	13	klein	319	11 · 0
LV	7 · 35	11 · 28	466	26	44	mittel	778	16 · 3
XVIII	6 · 10	11 · 33	334	28	33	gross	—	12 · 0
XLII	17 · 30	12 · 15	253	31	22	mittel	710	12 · 0
XXIII	4 · 32	13 · 15	407	35	39	gross	—	14 · 5
XXI	4 · 20	17 · 30	492	46	46	gross	—	12 · 0
LVI	6 · 40	21 · 47	556	47	51	mittel	740	16 · 3
XXVI	4 · 48	24 · 47	349	49	34	klein	—	13 · 5
	Mittel:	13m 53s	362	31 · 9	32 · 6	—	—	12 · 86
B. Weibchen.								
X	10 · 0	5 · 35	203	8	20	gross	—	12 · 0
VI	3 · 0	5 · 38	232	10	17	mittel	—	13 · 0
XLVIII	5 · 30	9 · 15	551	21	50	gross	1405 · 5	16 · 0
XXXIX	31 · 15	9 · 30	146	22	8	gross	1068	11 · 7
XV	5 · 45	10 · 0	398	24	36	mittel	—	13 · 0
XLIV	4 · 55	11 · 36	421	29	42	klein	435 · 6	15 · 5
LX	5 · 27	15 · 0	286	39	26	klein	545	16 · 7
LVII	5 · 50	16 · 5	398	41	36	mittel	710	16 · 5
LIX	5 · 55	16 · 25	284	43	25	klein	513	16 · 5
LVIII	6 · 0	17 · 7	495	45	47	mittel	742	16 · 5
	Mittel:	11m 39 · 1s	341 · 4	28 . 2	30 · 5	—	—	14 · 74
Gesammtmittel aus A und B:		12m 46 · 05s	351 · 7	30 · 05	31 · 55	—	—	—

Tabelle II.

Betreffend die einfach ausgeschnittenen Herzen.

A. Männchen.

Nummer des Versuchs	Dauer der Schläge	Anzahl der Schläge	Locationsnummer		Grösse des Thieres	Gewicht in Gramm	Temperatur nach Réaumur
			der Dauer	der Anzahl			
XXXVII	5m 15s	110	5	3	klein	560	11 · 5
XXXV	5 · 15	118	5	4	mittel	770	10 · 5
IX	7 · 15	203	9	12	gross	—	13 · 5
XLVII	7 · 35	324	16	31	klein	642	14 · 5
LIII	12 · 7	412	30	41	klein	685	15 · 5
XLIX	12 · 30	730	32	55	gross	1355	16 · 0
XL	12 · 40	283	33	24	mittel	752	12 · 0
LIV	16 · 11	613	42	52	mittel	722	15 · 5
XXXIV	30 · 52	223	51	14	klein	371	11 · 0
XLIII	36 · 55	323	52	30	gross	1135	13 · 3
Mittel:	14m 39 · 5s	333 · 9	28 · 1	26 · 6	—	—	13 · 3

B. Weibchen.

Nummer des Versuchs	Dauer der Schläge	Anzahl der Schläge	Locationsnummer der Dauer	Locationsnummer der Anzahl	Grösse des Thieres	Gewicht in Gramm	Temperatur nach Réaumur
XXXI	5m 15s	109	5	2	klein	—	10 · 0
IV	6 · 26	296	11	27	mittel	—	10 · 0
XVII	7 · 0	250	14	23	mittel	—	12 · 0
XIV	7 · 45	286	18	26	mittel	—	11 · 5
VII	8 · 30	286	20	26	klein	—	13 · 0
XXVII	9 · 30	328	22	32	mittel	—	14 · 0
XX	9 · 30	410	22	40	gross	—	13 · 0
LXI	12 · 55	443	34	43	gross	950	17 · 0
XXIV	13 · 30	233	36	18	gross	—	14 · 5
LXII	14 · 12	406	37	38	klein	672	17 · 0
Mittel:	9m 27 · 3s	304 · 7	21 · 9	27 · 5	—	—	13 · 2
Gesammtm. a. A. u. B:	12m 3 · 4s	319 · 3	25 · 0	27 · 05	—	—	—

Tabelle III.

Betreffend die nach Durchschneidung der Vagi ausgeschnittenen Herzen.

Nummer des Versuchs	Zeit v. d. Vagus-durchschn. b. z. Ausschn. d. Herz.	Dauer der Schläge	Anzahl der Schläge	Locationsnummer		Grösse des Thieres	Gewicht in Gramm	Temperatur nach Réaumur
				der Dauer	der Anzahl			
			A. Männchen.					
XXXVI	38m 35s	5m 0s	189	3	8	klein	669	11 · 5
III	9 · 0	5 · 5	145	4	5	klein	—	12 · 5
XXVIII	5 · 44	8 · 15	233	19	18	klein	368	11 · 0
XXX	5 · 10	9 · 15	252	21	21	klein	—	10 · 0
XLVI	8 · 41	11 · 30	226	27	15	klein	699	14 · 5
XLV	6 · 55	11 · 33	539	28	49	gross	1167	15 · 0
XIX	12 · 43	12 · 30	487	32	45	gross	—	13 · 0
XXII	8 · 5	15 · 45	539	40	49	gross	—	14 · 0
LI	6 · 16	16 · 40	635	44	54	gross	1245	15 · 8
XXVIII	7 · 25	28 · 36	382	50	35	gross	—	13 · 5
	Mittel:	12m 24 · 9s	362 · 7	26 · 8	29 · 9	—	—	13 · 08
			B. Weibchen.					
XXXVIII	67m 10s	3m 15s	86	1	1	mittel	810	11 · 7
V	8 · 0	4 · 42	200	2	10	mittel	—	10 · 0
VIII	14 · 30	5 · 20	307	6	29	klein	—	13 · 0
XI	10 · 30	5 · 30	201	7	11	gross	—	11 · 5
XIII	9 · 0	6 · 52	190	12	9	mittel	—	11 · 5
XXV	9 · 25	6 · 55	238	13	19	mittel	—	9 · 5
XVI	11 · 20	7 · 40	305	17	28	mittel	—	12 · 0
XLI	31 · 0	8 · 15	231	19	16	mittel	769	12 · 0
LII	6 · 17	14 · 25	630	38	53	gross	985	15 · 8
L	7 · 55	22 · 30	502	48	48	gross	1558	15 · 8
	Mittel:	8m 32 · 4s	289 · 0	16 · 3	22 · 4	—	—	12 · 28
Gesammtmittel aus A und B:		10m 28 · 65s	325 · 81	21 · 55	26 · 15	—	—	—

Wir formuliren in Kürze die aus den mitgetheilten Tabellen sich ergebenden Resultate wie folgt:

1. Das ausgeschnittene Kaninchenherz [1]) kann, sich selbst überlassen, bei mittlerer Zimmertemperatur, über eine halbe Stunde fortschlagen. Die beobachtete untere Grenze der Dauer ist 3 Min. 15 Sec. bis 5 Min. 45 Sec. Als Mittel aus allen 60 Versuchen ergibt sich eine Dauer von 11 Min. 46.33 Sec.

2. Das ausgeschnittene Kaninchenherz kann noch über 700 Schläge machen. Die beobachtete untere Grenze sind 86 bis 109 Schläge; im Gesammtmittel = 332.366.

3. Unter ähnlichen Bedingungen schlägt das ausgeschnittene Herz der Männchen ♂ länger und öfter, als das der Weibchen ♀. Dies ergibt sich für die Dauer widerspruchslos sowohl aus den Mittelzahlen der absoluten Werthe und der Locationsnummern, als auch aus den meisten Grenzfällen der einzelnen Tabellen; für die Anzahl der Schläge machen nur die Locationsnummern von Tabelle II eine Ausnahme. (Vgl. Tab. IV).

4. Das nach der Reizung der Vagi ausgeschnittene Herz schlägt im Allgemeinen länger und öfter, als das nach Durchschneidung der Vagi ausgeschnittene Herz.

Dies gilt natürlich übereinstimmend für Männchen wie für Weibchen und ergibt sich hinsichtlich der Dauer der Schläge widerspruchslos nicht nur aus den Mittelzahlen der absoluten Werthe und der Locationsnummern der beiden ganzen Tabellen I und III, sondern auch ihrer einzelnen, Männchen und Weibchen betreffenden Hälften (vgl. Tab. IV), so wie aus der Vergleichung aller unteren Grenzfälle; hinsichtlich der Anzahl der Schläge machen wesentlich nur die Mittel der absoluten Werthe bei den Männchen eine Ausnahme. (Vgl. Tab. IV).

5. Das einfach ausgeschnittene Herz hält in Bezug auf die Dauer und Anzahl der Pulsationen die Mitte zwischen dem nach Reizung der

[1] Es sind, wie gesagt, nur die Kammer-Contractionen genauer berücksichtigt worden. Bezüglich der Vorhöfe bemerken wir beiläufig, dass sie sich in den meisten Fällen öfter zusammenzogen als die Kammern, in einigen Fällen jedoch gar nicht. Die Vorhöfe pulsirten gleich lange Zeit wie die Kammern, nach Durchschneidung der Vagi in 11, nach Reizung der Vagi in 6, bei einfach ausgeschnittenen Herzen in 9 Fällen. Länger als die Kammern schlugen die Vorhöfe nach Durchschneidung der Vagi in 6, nach Reizung der Vagi in 10, nach einfacher Ausschneidung des Herzens in 6 Fällen. Unter diesen letztern ist ein Fall (Nr. XX), ein grosses Weibchen betreffend, in welchem die Vorhöfe über 1 Stunde und 18 Minuten pulsirten.

Vagi und dem nach Durchschneidung der Vagi ausgeschnittenen Herzen.

Diesen Satz möchten wir jedoch nur mit der grössten Zurückhaltung aufstellen, da demselben bei den Männchen die einfachen Mittelzahlen sowohl der absoluten Dauer und Anzahl der Schläge als der Locationsnummern der Anzahl widersprechen. (Vgl. Tab. IV.)

Tabelle IV.

Zusammenstellung sämmtlicher Mittelzahlen.

	Einfache Mittelzahlen der				Gesammt-Mittelzahlen der			
	absol. Werthe	Locations-nummern	absol. Werthe	Locations-nummern	absol. Werthe	Locations-nummern	absol. Werthe	Locations-nummern
	der Dauer		der Anzahl		der Dauer		der Anzahl	
Tab. I.	♂ 13·53 ♀ 11·39,1	31·9 28·2	362 341·4	32·6 30·5	12·46,05	30·05	351·7	31·55
Tab. II.	♂ 16·39,5 ♀ 9·27,3	28·1 21·9	333·9 304·7	2·6 27·5	12·3,4	25·0	319·3	27·05
Tab. III.	♂ 12·24,9 ♀ 8·32,4	26·8 16·3	362·7 289·0	29·9 22·4	10·28,65	21·55	325·81	26·15

6. Eine Beziehung zwischen der Leistung des ausgeschnittenen Herzens und der Grösse des Thieres, dem Gewichte des Thieres oder der innerhalb geringer Grenzen schwankenden Lufttemperatur liess sich nicht entdecken.

7. Wenn man nun auch (in Anbetracht der allerdings nichts weniger als vorwurfsfreien Anordnung der Untersuchung, so wie des geringen Unterschiedes der Mittelzahlen für einfach, oder nach voraufgehender Vagusdurchschneidung oder Reizung ausgeschnittener Herzen, ferner in Anbetracht der grossen absoluten Schwankungen hinsichtlich der Dauer und Anzahl der Schläge) das Hauptresultat unserer Bemühungen als ein wesentlich negatives bezeichnen und dahin formuliren wollte, dass die voraufgehende Vagusreizung oder Durchschneidung anscheinend von keinen erheblichen Folgen für die Grösse der Leistung des ausgeschnittenen Herzens sei, so dürfte man als Endergebniss unserer Untersuchung, wie uns dünkt, dennoch mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, dass durch die Wirkung des gereizten Vagus nicht sowohl die Entwickelung der nach aussen übertragbaren Kräfte des musculo-moto-

rischen Nervensystems selbst, sondern wesentlich nur die Uebertragung dieser Kräfte auf die Muskelsubstanz gehemmt und regulirt werde, da im entgegengesetzten Falle das nach Reizung der Vagi ausgeschnittene Herz, welches während der Dauer der Reizung, wo es in Diastole stillsteht und deshalb verhältnissmässig am unvollkommensten mit O haltigem Blute versorgt wird, wohl auch ohne Zweifel (trotz der Steigerung der Erregbarkeit der im Diastole ruhenden Muskeln) am kürzesten und am wenigsten häufig schlagen müsste, was gewiss nicht der Fall ist.

XL.

Ueber reine und nasalirte Vocale.

[Wiener akademische Sitzungsberichte, Bd. XXVIII, 1858.]

Herr Prof. Kudelka bezweifelte in seiner neuesten Abhandlung[1]) die schon von Kempelen richtig erkannte, von Brücke u. A. bewiesene allgemeine Regel, dass die Gaumenklappe bei den reinen Vocalen luftdicht geschlossen ist. Auch meine neueren Ermittelungen »über das Verhalten des weichen Gaumens beim Hervorbringen der reinen Vocale«[2]) haben ihn nicht eines Besseren belehrt, da sie die Existenz jener Regel, wie natürlich, als etwas allgemein Anerkanntes voraussetzen, und die Fühlhebelversuche in der That nicht geeignet sind und auch nicht zu diesem Zwecke angestellt wurden, das Vorhandensein eines luftdichten Gaumenverschlusses zu erweisen, während die Wasserinjectionen, welche H. Kudelka übrigens bequem findet ganz zu ignoriren, die fraglichen Theile — wie ich selbst angedeutet habe[3]) — unter etwas unnatürliche Verhältnisse setzen.

Da H. Kudelka keine Thatsache, sondern nur ein unbrauchbares Experiment[4]) zur Widerlegung der alten richtigen Ansicht und zur Unterstützung seines Irrthums beibringt, so könnte sein Zweifeln an einer längst feststehenden Sache füglich unberücksichtigt bleiben; allein Brücke hat vollkommen Recht, wenn er meint, »dass man den Hunderten, welche sich in unserem Zeitalter mit den Sprachlauten befassen, ja gelegentlich über die Entstehung derselben schreiben, den Weg zeigen solle, durch einfache Versuche und leichte Kunstgriffe sich selbst eine Ueberzeugung zu verschaffen damit im Gebiete der

1 »Ueber H. Dr. Brücke's Lautsystem« Sitzungsber. Bd. XXVIII, 1858.

2 Sitzungsber. Bd. XXIV, S. 4, 1857.

3 L. c. S. 6.

4 S. dessen kritische Beleuchtung in Brücke's »Nachschrift« zu Kudelka's Abhandlung, S. 91.

Lautlehre nicht immer von Neuem Controversen auftauchen, welche man längst für beseitigt halten sollte«.

Dies die Veranlassung, wenn ich im Folgenden, behufs der Entscheidung der Frage, ob in einem gegebenen Falle Luft durch die Nase ausströmt, d. h. die Gaumenklappe offen ist oder nicht, ein solches leichtes und einfaches Experiment empfehle, obschon es an sich als eine volksthümliche Probe zur Constatirung des eingetretenen Todes allgemein bekannt ist.

Das Experiment ist in der That so trivial und naheliegend, dass ich Bedenken tragen würde, damit vor die Oeffentlichkeit zu treten, wenn es nicht, trotz seiner Trivialität ein unübertreffliches Mittel wäre, die immer wiederkehenden Zweifel über die Betheiligung des Nasenverschlusses beim Hervorbringen der reinen Vocale ein für allemal zu erledigen und zu beseitigen.

Um zu erfahren, ob beim Hervorbringen irgend eines Lautes Luft aus der Nase strömt oder nicht, halte ich nämlich einfach einen gewöhnlichen kleinen Handspiegel oder eine polirte Metallplatte, z. B. eine breite Messerklinge, in horizontaler Richtung unter die Nasenlöcher und beobachte, ob sich die blanke Oberfläche beschlägt oder nicht.

Die leiseste Spur eines Lufthauches macht sich auf dem kalten Glase oder Metall sofort durch niedergeschlagenen Wasserdampf bemerklich.

Diese Probe lässt an Empfindlichkeit, welche überdies durch Veränderung der Temperatur des Spiegels nach Belieben regulirt werden kann, nichts zu wünschen übrig, und übertrifft auch an Bequemlichkeit BRÜCKE's Versuch mit dem brennenden Wachsstock[1] bei weitem.

Es kann sich nun Jedermann, der etwa noch zweifeln könnte, überzeugen, dass während des regelrechten Hervorbringens der reinen Vocale keine Luft aus der Nase hervorströmt, und dass somit die Gaumenklappe bei der Bildung der Vocale ohne Nasenton factisch geschlossen ist.

Um den Versuch recht sicher anzustellen, bringe man die möglichst rein intendirten Vocale continuirlich hervor, und schiebe den Spiegel erst dann unter die Nase, nachdem der Laut schon zu tönen angefangen, entferne jedoch den Spiegel, bevor der Laut zu tönen aufgehört. Der Spiegel bleibt vollkommen blank und unbehaucht, während reine Vocale hervorgebracht werden.

So wie man den Vocalen den Nasenton beigibt, zeigt ein reich-

[1] Grundzüge der Phys. u. Syst. d. Sprachlaute, S. 28.

licher Niederschlag von Wasserdämpfen auf dem Spiegel sofort das starke Ausströmen der Luft durch die Nase und das Geöffnetsein der Gaumenklappe an.

Hiernach könnte man geneigt sein zu vermuthen, dass reine und nasalirte Vocale sich blos dadurch unterscheiden möchten, dass bei den ersteren die Luft durch den Mund allein, bei letzteren durch Mund und Nase zugleich ausströme.

Diese Vermuthung wäre jedoch unrichtig, denn Brücke sagt schon in seinen »Grundzügen etc.« S. 28: »dass es sich von selbst verstehe, dass nicht der Ausfluss der Luft aus der Nase als solcher den Nasenton hervorbringe, sondern die Schwingungen der Luft in der Nasenhöhle«.

Die Luft in der Nasenhöhle wird aber nur dann in merkliche Schwingungen versetzt, wenn die Menge der durch die Nase ausströmenden Luft die durch die Stellung der hinreichend geöffneten Gaumenklappe in einem bestimmten Verhältniss steht zu jenem Luftstrome, welcher seinen Weg durch den Mund nimmt.

Desshalb nasalirte auch das von Brücke [1]) mit gewohntem Scharfsinne untersuchte Mädchen, dem das Gaumensegel durch Syphilis vollständig zerstört worden war, zwar alle Vocale, »aber keineswegs alle so stark, wie sie ein Gesunder zu nasaliren im Stande ist. Der Grund hiervon lag aber in dem Mangel des Gaumensegels, das bei uns, wenn es die Rachennasenöffnung nicht verschliesst, herabhängt und so den Weg, welcher der Luft gegen die Mundhöhle hin offen steht, beschränkt«.

Nach dem Gesagten darf es uns daher nicht Wunder nehmen, dass die Vocale selbst dann noch keinen sehr auffallenden Nasenton erhalten, wenn man die Gaumenklappe mit Absicht ein klein wenig öffnet, so dass sich der Spiegel, der in dieser Beziehung das Ohr an Empfindlichkeit bei weitem übertrifft, schon zu beschlagen anfängt, oder, dass manche Menschen, die aus Unachtsamkeit, Bequemlichkeit, übler Angewöhnung oder regelwidriger Beschaffenheit der Sprachorgane, unabsichtlich die Gaumenklappe nicht absolut luftdicht schliessen — was die Spiegelprobe augenblicklich anzeigt — doch nicht nothwendig eine merklich näselnde Aussprache zu haben brauchen.

Uebrigens tritt bei sonst normalen Sprachorganen der zuletzt erwähnte ausnahmsweise Umstand am leichtesten hinsichtlich des *a* ein, was im besten Einklang steht mit der von mir zuerst experimen-

[1] »Nachschrift zu H. Prof. Kudelka's Abhandlung etc.« S. 91.

tell ermittelten Thatsache, dass der mit der geringsten Hebung des Gaumensegels bewerkstelligte Nasenverschluss für *a*, auch viel weniger fest und innig ist als bei den übrigen Vocalen[1].

Aber selbst dann, wenn diese Unvollkommenheit häufiger vorkommen sollte, könnte sie die feststehende allgemeine Regel, dass die reinen Vocale mit luftdicht geschlossener Gaumenklappe gebildet werden, nicht umstossen oder beeinträchtigen, da — sobald ausnahmsweise der Verschluss nicht absolut luftdicht ausfällt — bei der übermässigen Empfindlichkeit deren die von mir empfohlene Spiegelprobe fähig ist, auch solche Lufthauche schon deutlich angezeigt werden, welche noch von keiner akustischen Bedeutung sein können und daher nur als zufällige Mangelhaftigkeit der reinen Vocalbildung betrachtet werden müssen.

[1] L. c.

XLI.

Einige Beobachtungen über die Sprache bei vollständiger Verwachsung des Gaumensegels mit der hinteren Schlundwand.

[*Wiener akademische Sitzungsberichte 1858.*]

Katharina D., gegenwärtig 14 Jahre alt, kam vor 2 Jahren mit Geschwüren am weichen Gaumen, den Gaumenbogen und der hinteren Rachenwand behaftet auf Prof. v. DUMREICHER's Klinik und wurde daselbst als an *Ozaena scrophulosa* leidend mit Iodglycerin-Einpinselungen und adstringirenden Gurgelwässern behandelt. Der Verdacht auf Lues erwies sich als unbegründet.

Die Geschwüre wurden geheilt, dagegen konnte eine vollständige Verwachsung des Gaumensegels mit der hinteren Rachenwand nicht gehindert werden, so dass endlich die Nasenhöhle von hinten her luftdicht verschlossen wurde.

Die Patientin kann seither nur durch den Mund Athem schöpfen.

Auch die angewendete Spiegelprobe [1]) welche die leisesten Spuren von Luftströmungen durch die Nase anzeigt, gab ein negatives Resultat; der luftdichte Nasenverschluss unterliegt daher zur Zeit der Untersuchung keinem Zweifel.

Nichts desto weniger gibt die Patientin an, dass sie zuweilen im Stande sei etwas Luft durch die Nase hindurchzupressen. Wenn diese Angabe nicht auf Selbsttäuschung beruht, so erklärt sie sich einfach aus einer theilweisen Lösung der Verwachsung zwischen Gaumen und Rachenwand in Folge neuauftretender Ulcerationen, deren sich gegenwärtig wieder einige von sehr beträchtlicher Tiefe auf dem hinteren, etwas angeschwollenen Theile des Zungenrückens finden.

[1] CZERMAK, über reine und nasalirte Vocale. Nr. LX. S. 465.

Das Gaumensegel ist übrigens trotz seiner Verwachsung mit der Rachenwand nicht absolut unbeweglich, sondern kann nach Willkür stärker emporgewölbt oder mehr abgeflacht, gespannt oder erschlafft werden. — Die kleine Patientin, welche die beschriebene Missbildung ihrer Sprachorgane erlitten hat, wurde mir vor Kurzem durch Herrn Dr. SEMELEDER, dem ich hiemit öffentlich danke, vorgestellt, und ich benützte die Gelegenheit einige Beobachtungen über ihre Lautbildung zu machen um so lieber, als dieser Fall ein seltenes Gegenstück zu dem von BRÜCKE untersuchten interessanten Falle mit gänzlichem Mangel des weichen Gaumens [1]) abgibt. Die Resultate der Untersuchung, welche ich zum Theile gemeinschaftlich mit Herrn Prof. BRÜCKE und Dr. SEMELEDER anstellte, sind folgende:

1. Die reinen Vocale *a*, *e*, *o* und *u* konnte das Mädchen ganz deutlich und gut aussprechen; das *i* jedoch lautete wie ein gequetschtes *e*, wenn es continuirlich und für sich allein hervorgebracht werden sollte, während es doch im Flusse der Rede zwischen anderen Buchstaben deutlich genug ausgesprochen werden konnte.

Diese Unvollkommenheit war vielleicht durch die in Folge der Verwachsung limitirte Hebung des Gaumensegels, welches beim *i* wie ich früher [2]) durch Fühlhebelversuche zeigte, am höchsten zu stehen kommt, — obschon die normale, verschiedene Stellung des weichen Gaumens, wie BRÜCKE's oben citirter Fall beweist, nur eine Nebenbedingung für das Hervorbringen der Vocale sein kann; offenbar aber auch durch die geringe Biegsamkeit des Zungenrückens in Folge der daselbst vorhandenen Anschwellung und Geschwürsbildung bedingt.

2. Vocale mit dem Nasenton konnte das Mädchen, wie zu erwarten stand, auf keine Weise hervorbringen.

3. Dass das Mädchen die wahren Resonanten der drei Articulationsgebiete, welche BRÜCKE mit *m*, *n* und π bezeichnet, nicht würde bilden können, war mit Sicherheit vorauszusehen, da die wesentlichste Bedingung dieser Laute: Mitschwingungen der in der Nase enthaltenen Luft, in Folge des Offenstehens der Gaumenklappe bei ihr nicht zu realisiren war.

Dass das Mädchen aber nichts desto weniger den wahren Resonanten sehr ähnliche Laute in allen drei Articulationsgebieten hervorbringt und von den entsprechenden Medien deutlich unterscheidet (z. B. mein und bein, nein und dein, lange und lage), so dass man ihrer Sprache in dieser Beziehung eine verhältnissmässig geringe

[1] BRÜCKE, »Nachschrift . . .« Sitzungsb. 1858. Bd. XXVIII, S. 63.

[2] Sitzungsberichte 1857, Bd. XXIV, S. 4.

Unvollkommenheit anmerkt, muss dagegen einigermaassen überraschen, da sich bekanntlich die Mediae von den entsprechenden Resonanten wesentlich nur durch den Verschluss der Gaumenklappe unterscheiden.[1]

Da die Patientin die Gaumenklappe nicht öffnen kann, so würde sie, wenn sie die Bewegungen des Gesunden machte, statt des Resonanten immer nur die entsprechende Media erzeugen. Hievon hält sie der so verschiedene akustische Edect ab und sie ersetzt desshalb die ihr unmöglich gewordenen wahren Resonanten durch die ihnen ähnlichen PURKYNĚ'schen »Blählaute«[2], wobei sie zugleich bemüht ist den Verschluss des Mundcanals möglichst geräuschlos zu bewerkstelligen oder zu lösen, was nur bei grösserer Aufmerksamkeit und mit einiger Anstrengung möglich ist, weshalb sie auch erklärte, es sei ihr bequemer bein auszusprechen, als mein, dein als nein, lage als lange!

Auf die bezeichnete Art kann man in der That mit geschlossener Gaumenklappe, wovon sich Jeder bei einiger Geschicklichkeit durch Selbstbeobachtung überzeugen kann, statt der Mediae Laute hervorbringen, welche den entsprechenden Resonanten täuschend ähnlich sind; hat doch KEMPELEN selbst, ehe er den wahren Unterschied der Tenues von den Mediae aufgefunden hatte, geglaubt, dass sich z. B. das *b* vom *p* durch ein vorlautendes *m* unterscheide.

Freilich lassen sich die für die Resonanten vicariirenden Blählaute nicht continuirlich hervorbringen, weil die aus der zum Tönen verengten Stimmritze hervorströmende Luft den allseitig gesperrten Raum alsbald so sehr erfüllt, dass ein Nachströmen derselben unmöglich wird. Desshalb spricht das Mädchen ihre Resonanten-Surrogate auch sehr kurz und zerfällt, wenn sie besonders deutlich sprechen will, den Resonanten der dritten Reihe, welchen BRÜCKE mit π bezeichnet und bei welchem der Verschluss der Mundhöhle weit hinten am Gaumen geschieht, sogar unwillkürlich in ihr unvollkommenes *n* und in *g*. Sie sagt dann Wan-ge, Klin-gel etc.

Bemerkenswerth ist noch der Umstand dass das Mädchen jedesmal die Nasenflügel, mit dem Bestreben die Nasenlöcher zu verengen, bewegt, wenn sie sich anstrengt einen der Resonanten möglichst deutlich hervorzubringen.

Diese seltsamen Mitbewegungen deuten darauf hin, dass die Patientin, wenn sie Resonanten intendirt, instinctiv Alles thut was

[1] BRÜCKE, »Nachschrift«, S. 72.

[2] BRÜCKE, »Grundzüge der Systematik und Physiologie der Sprachlaute«, S. 56.

unter so ungünstigen Umständen beitragen kann das Mitschwingen der Nasenluft zu begünstigen.

Es ist daher auch wahrscheinlich, dass sie auch das Gaumensegel für die Resonanten möglichst erschlafft, für die Mediae aber mehr anspannt und dass so bei den ersteren mehr von den Schwingungen auf die Luft der Nasenhöhle sich fortpflanzen als bei den letzteren.

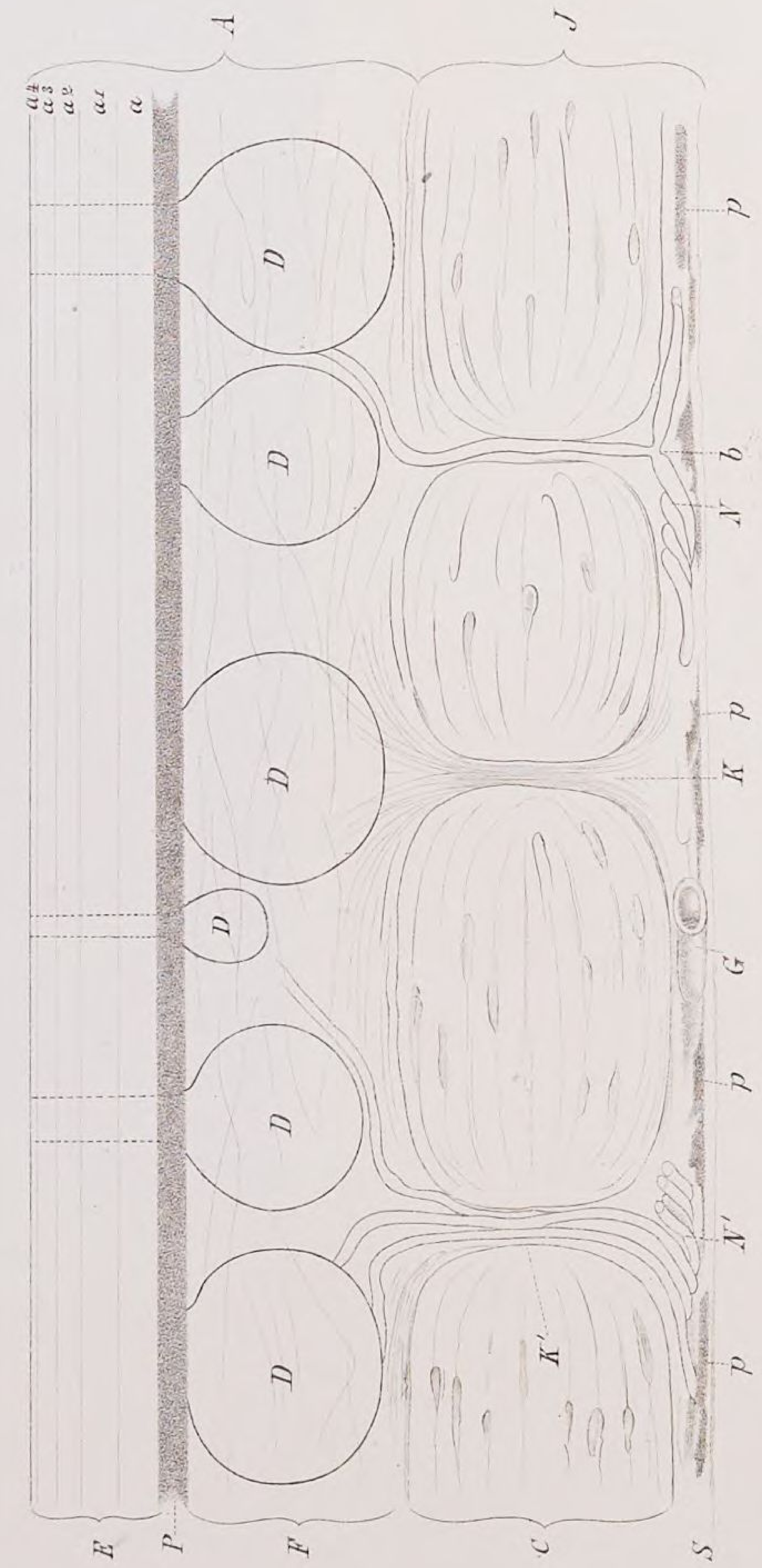
4. Das *R uvulare* kann das Mädchen natürlich nicht sprechen, da vom Zäpfchen so gut wie nichts vorhanden ist; sie bildet das *R* mit der Zungenspitze.

5. Da das Mädchen die Resonanten so geschickt durch die entsprechenden Blählaute zu ersetzen versteht, und da alle übrigen Laute, mit Ausnahme der nasalirten Vocale, welche im Deutschen gar nicht vorkommen, ohnehin mit geschlossener Gaumenklappe gebildet werden, so wird ihre Sprache durch die erlittene Missbildung weit weniger beeinträchtigt als man erwarten durfte. Die einzige Unvollkommenheit, welche sich in störender Weise geltend macht, ist ein gewisses Stocken im Flusse der Rede, welches daher rührt, dass die sich beim Aussprechen mancher Lautfolgen ansammelnde Luft bei ihr nur durch den Mund austreten kann, während sie bei Gesunden durch Oeffnen der Gaumenklappe unmerklich und ohne die Lautbildung zu coupiren entweicht. Hält sich ein Gesunder beim Sprechen die Nase zu, so fühlt er alsbald jenes durch die Luftanhäufung gesetzte Hinderniss, welches bei dem Mädchen aus naheliegenden Gründen noch früher und weit störender auftreten muss.

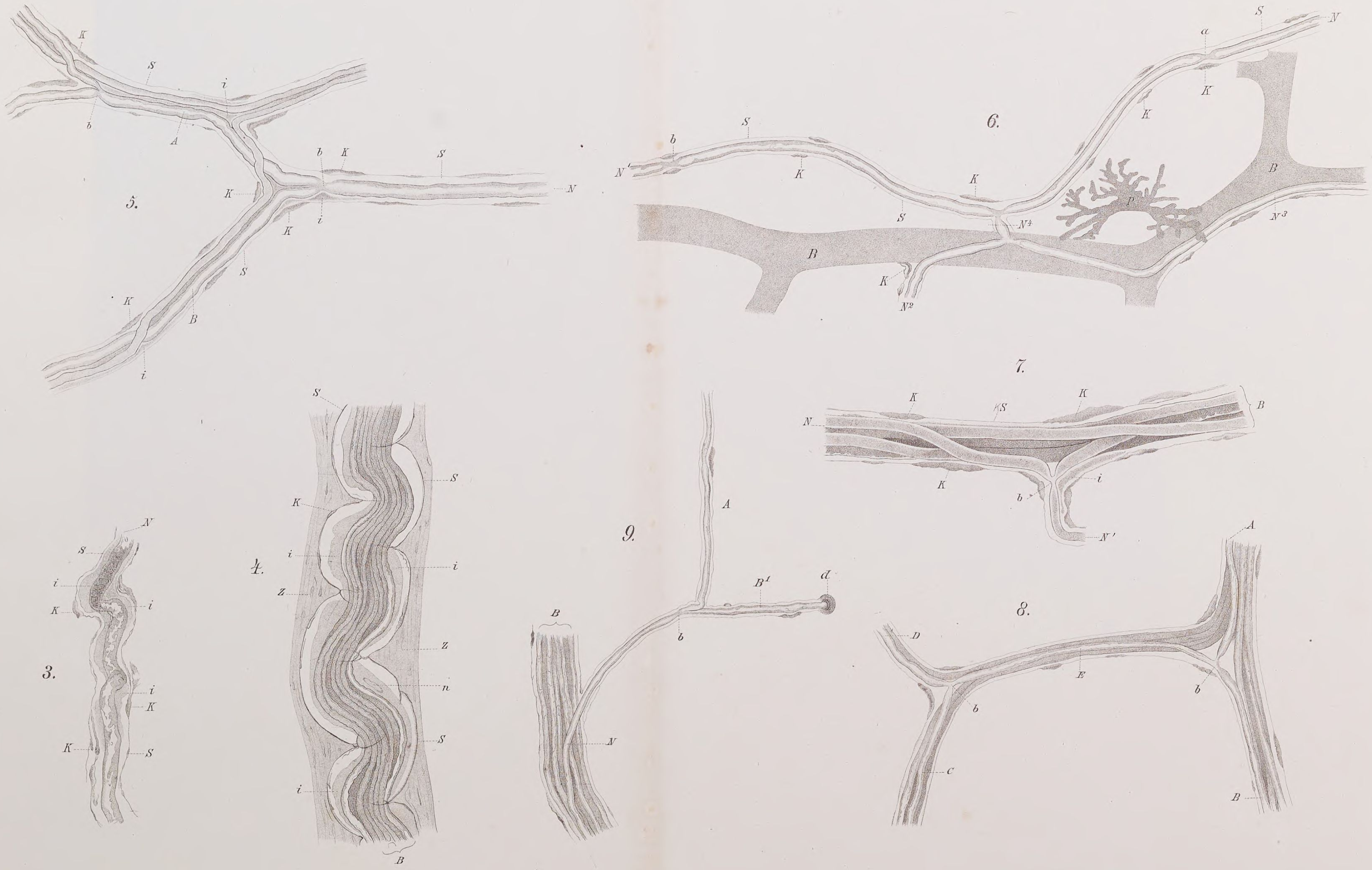
Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.



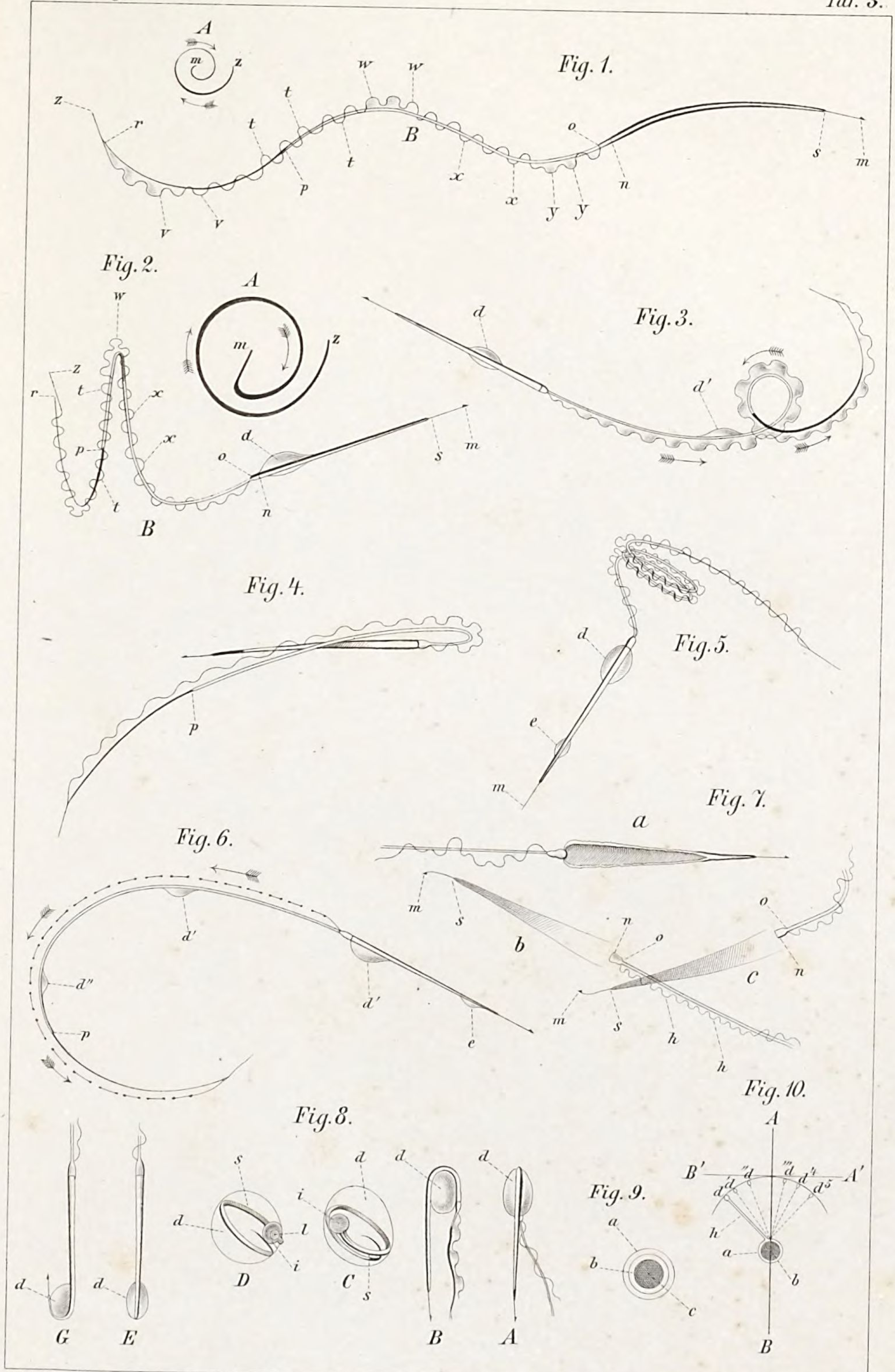
2.



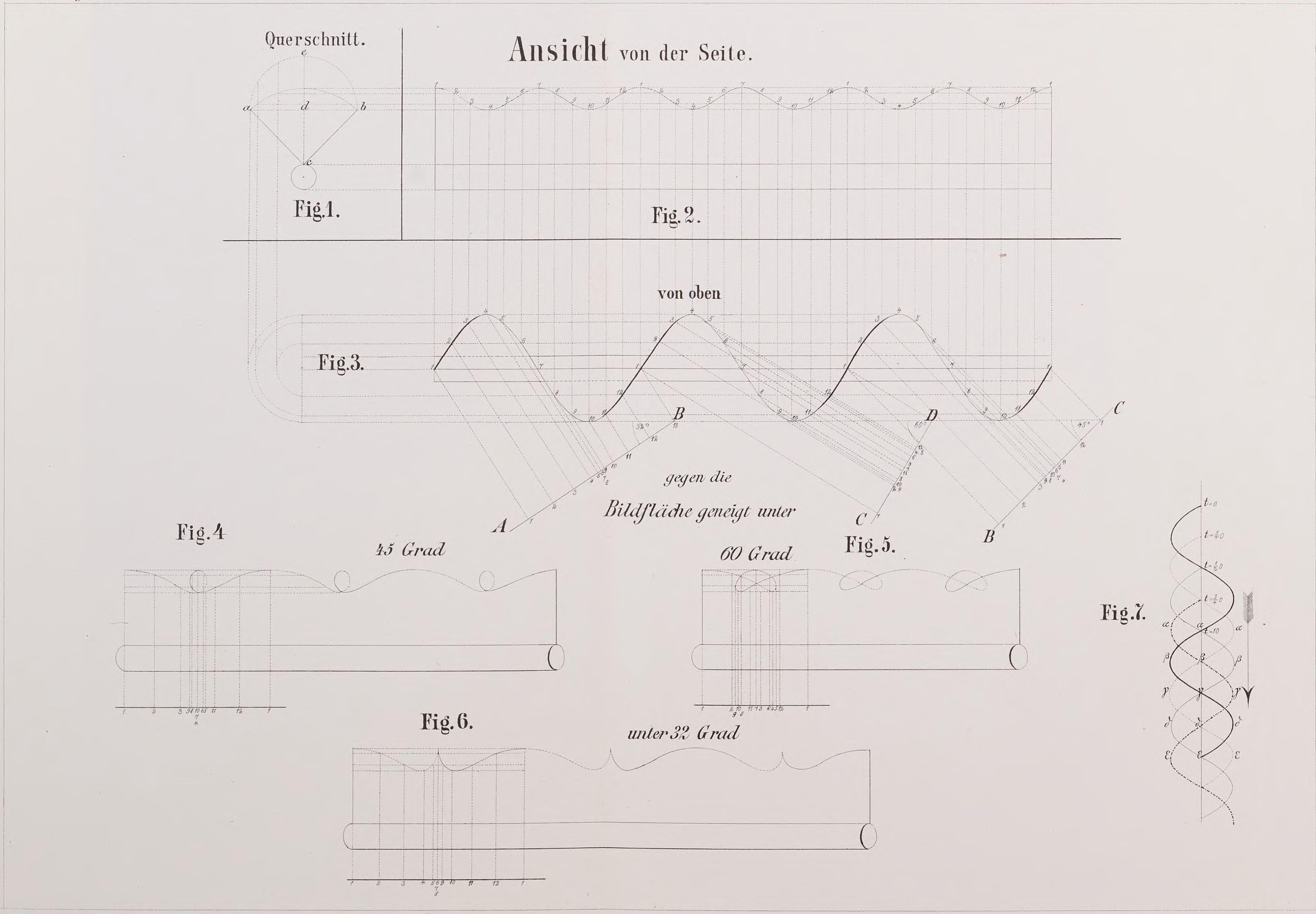
1.



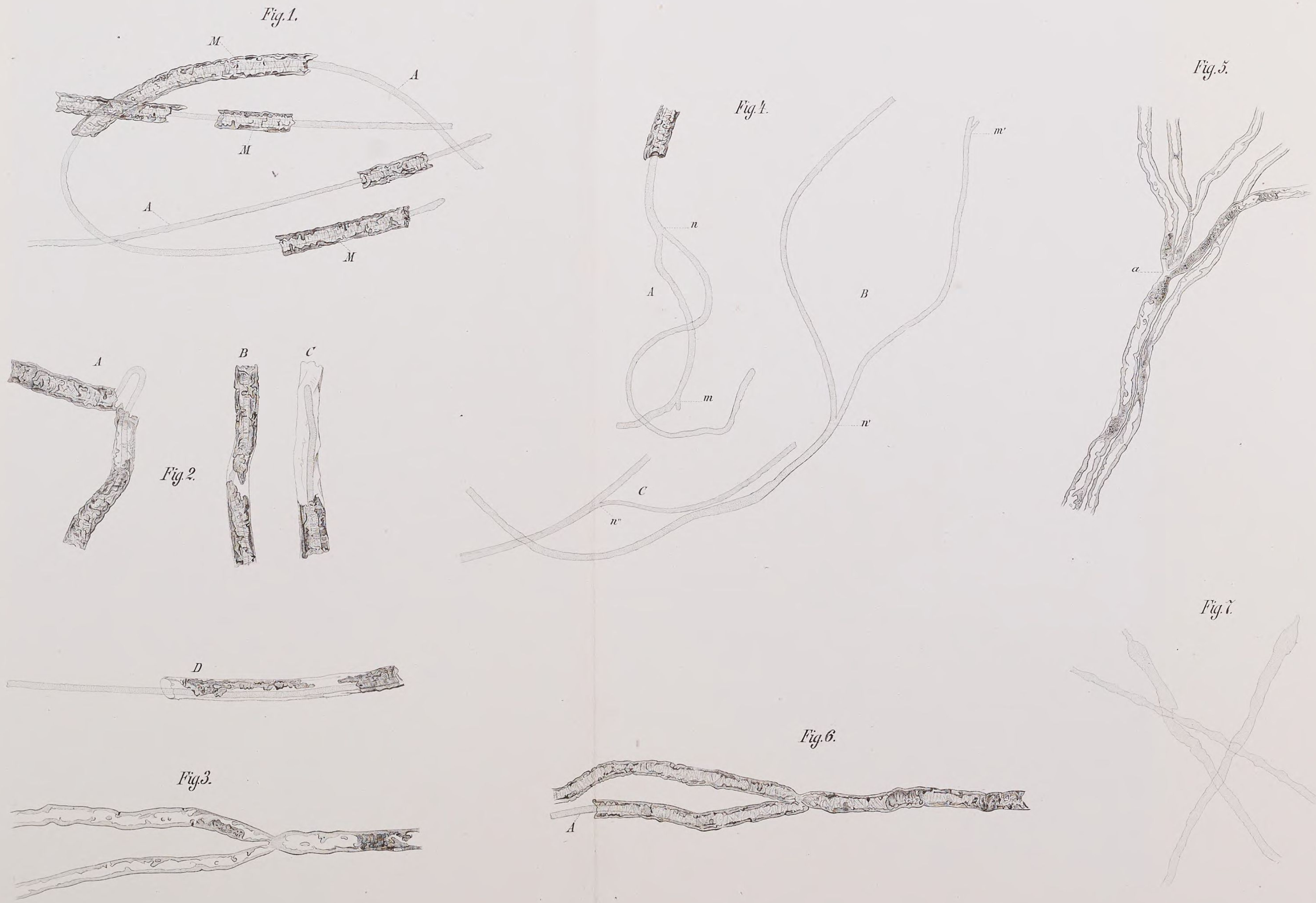
J. N. Czermak. del. Verlag v. Wilh. Engelmann, Leipzig. Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.



Joh. N. Czermak del. Verlag von Wilh. Engelmann, Leipzig. Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.



J. N. Czermak ad. nat. del.　Verlag v. Wilh. Engelmann, Leipzig.　Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.



J. N. Czermak ad nat. del.
Verlag v. Wilh. Engelmann, Leipzig.
Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.

Fig. 3.

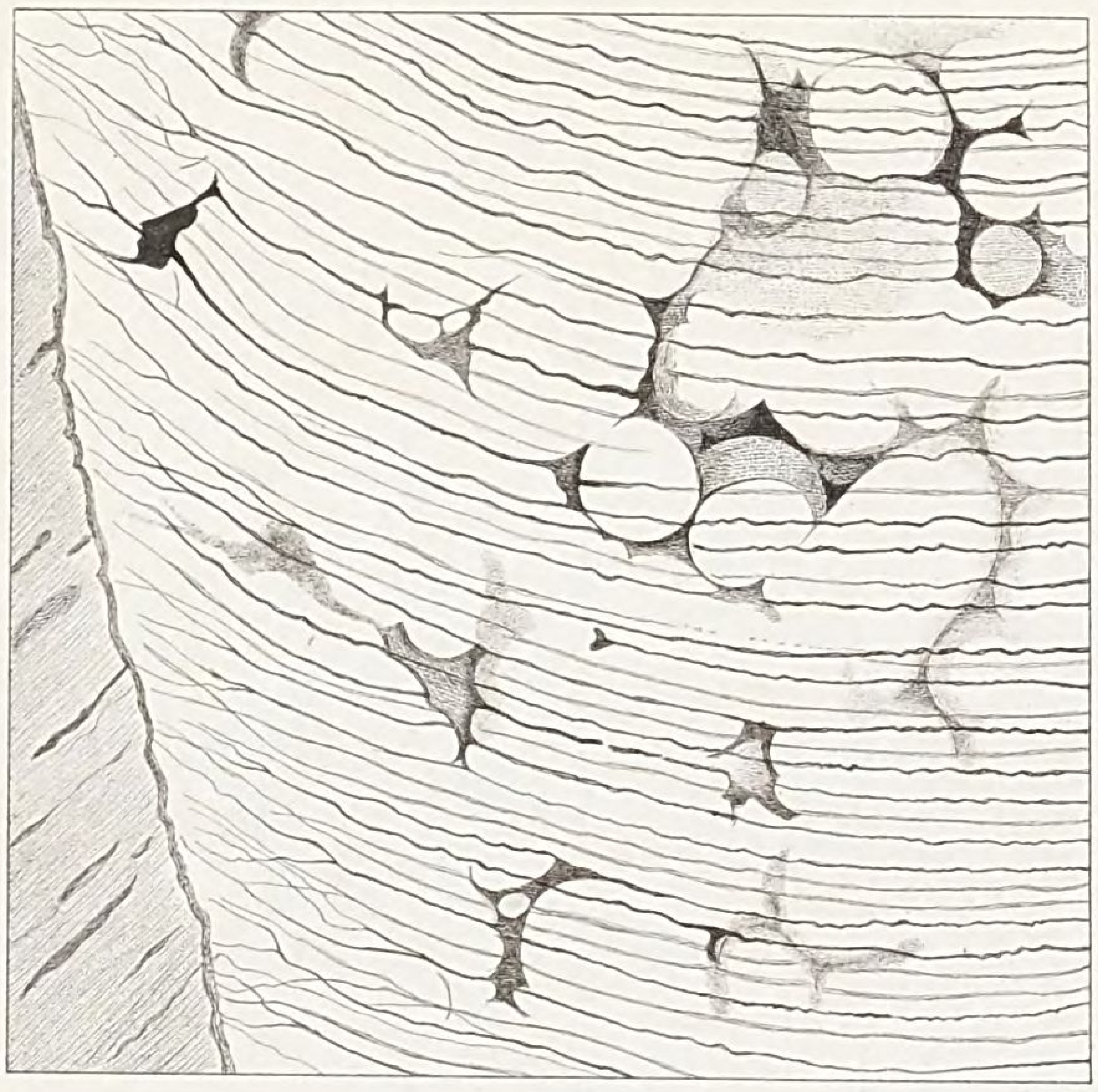


Fig. 2.

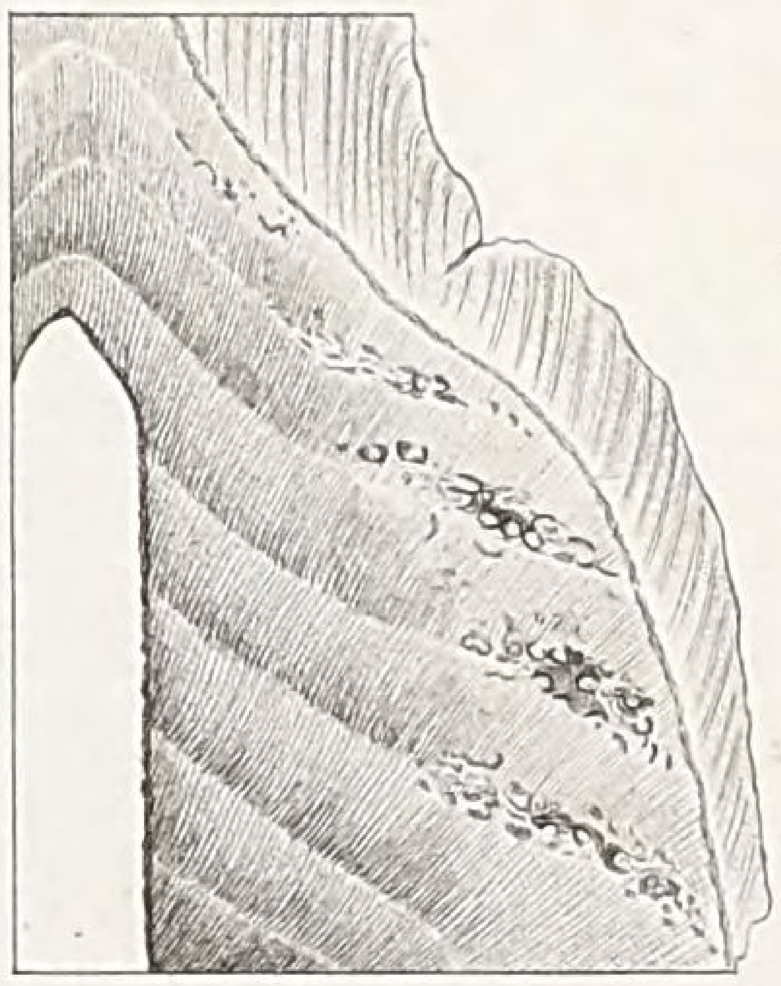


Fig. 1.

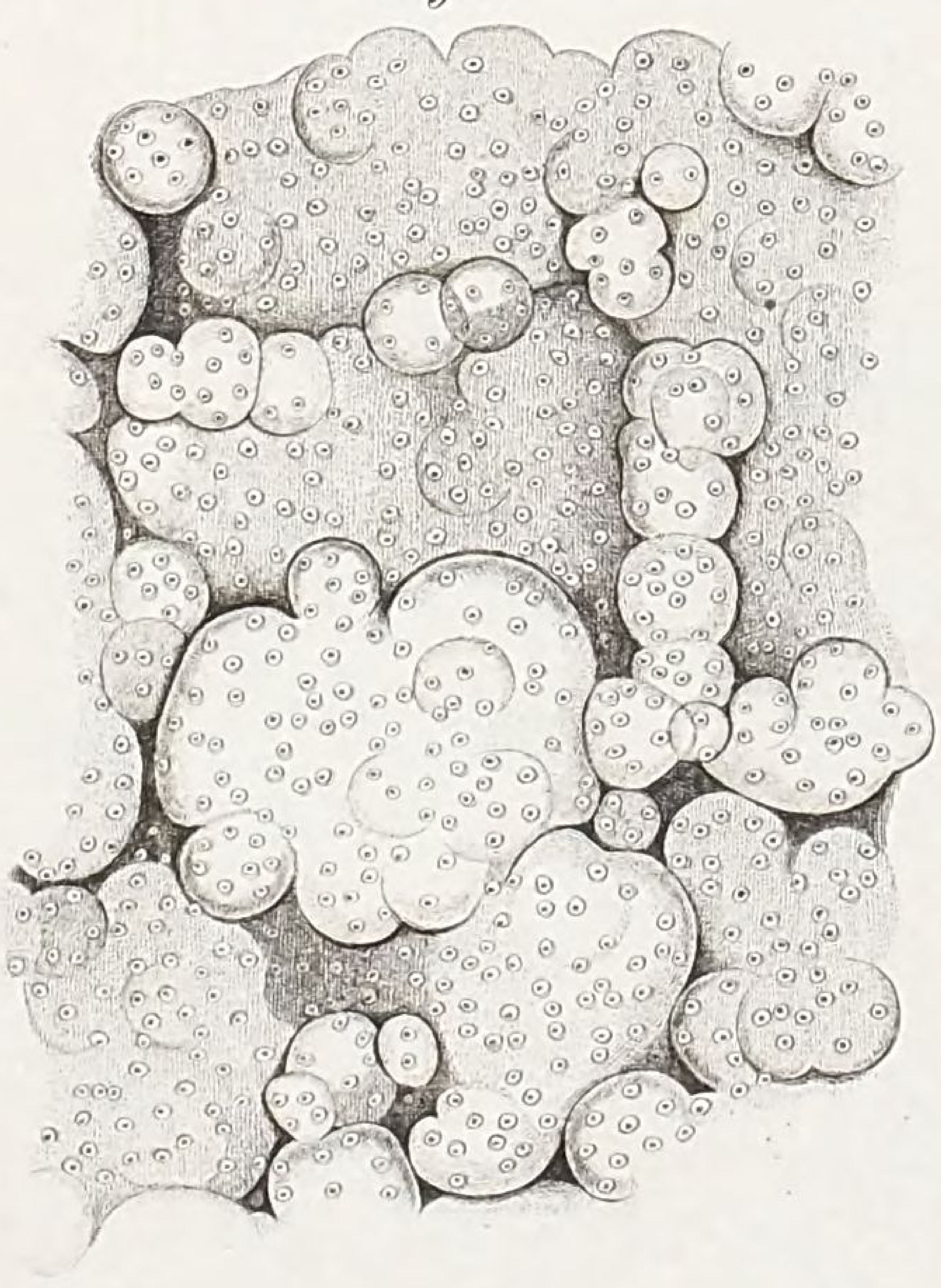
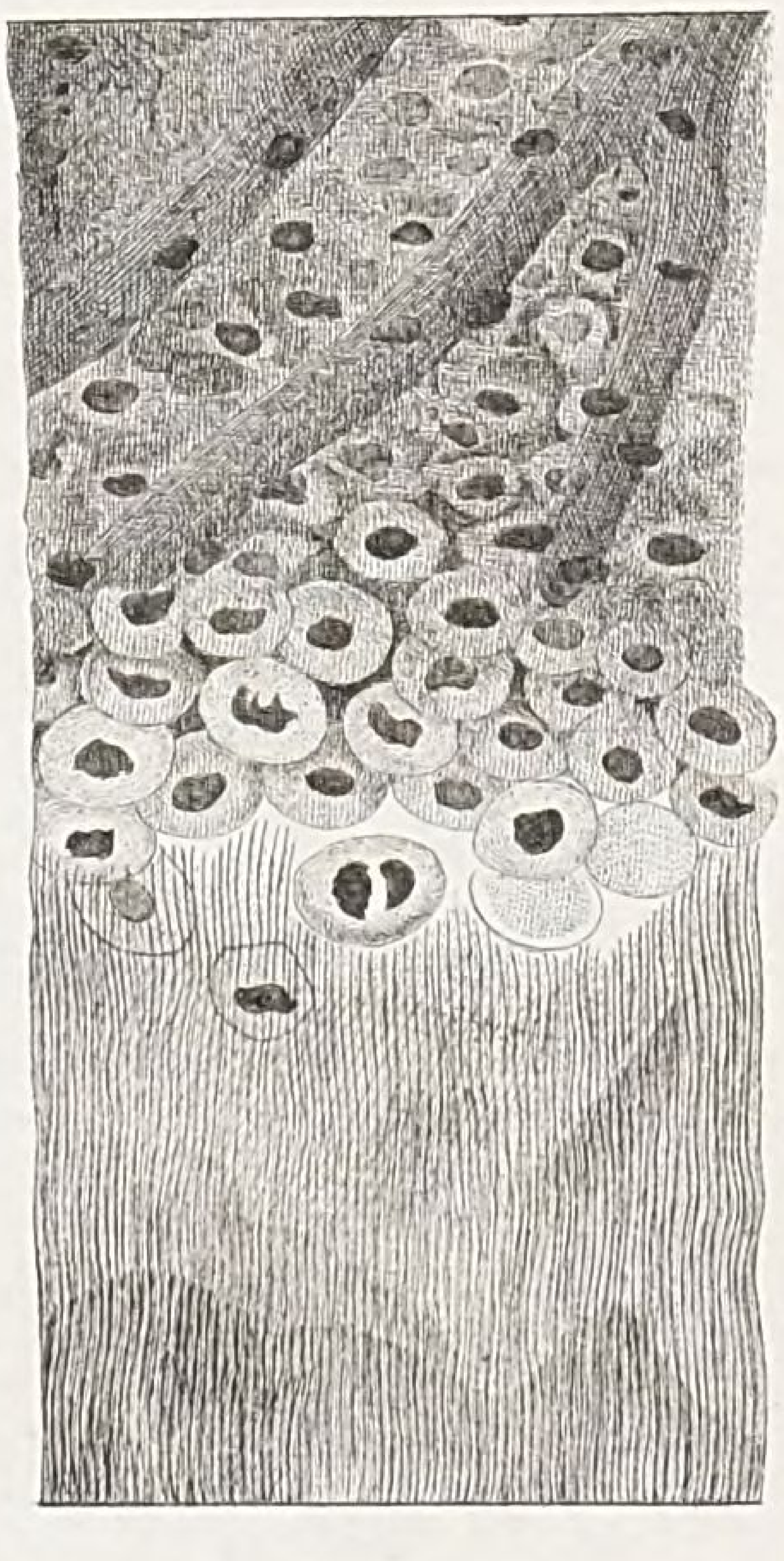


Fig. 7.



Verlag v. W. Engelmann, Leipzig Lith. Anst. J. G. Bach, Leipzig.

Fig. 5.



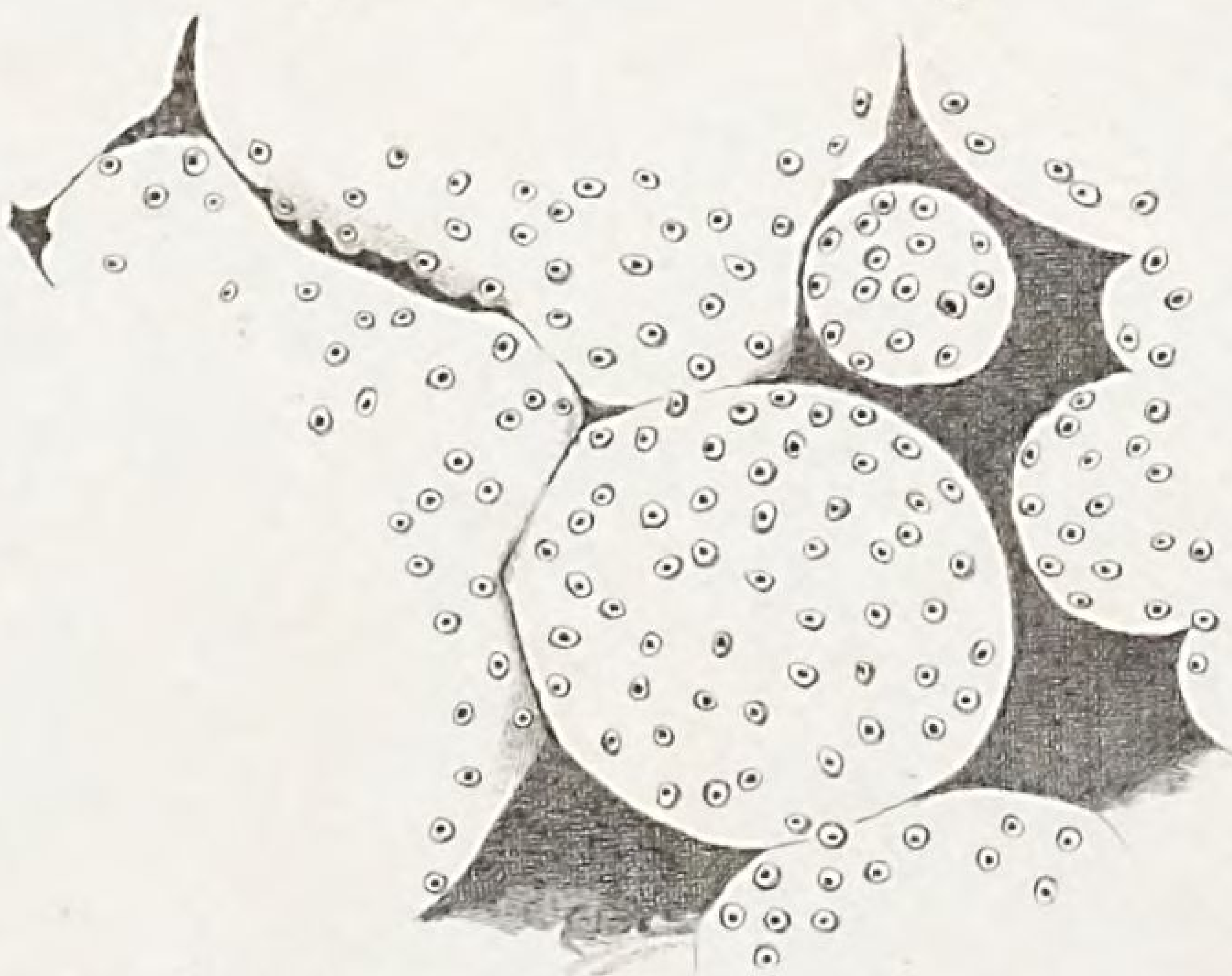


Fig. 4.

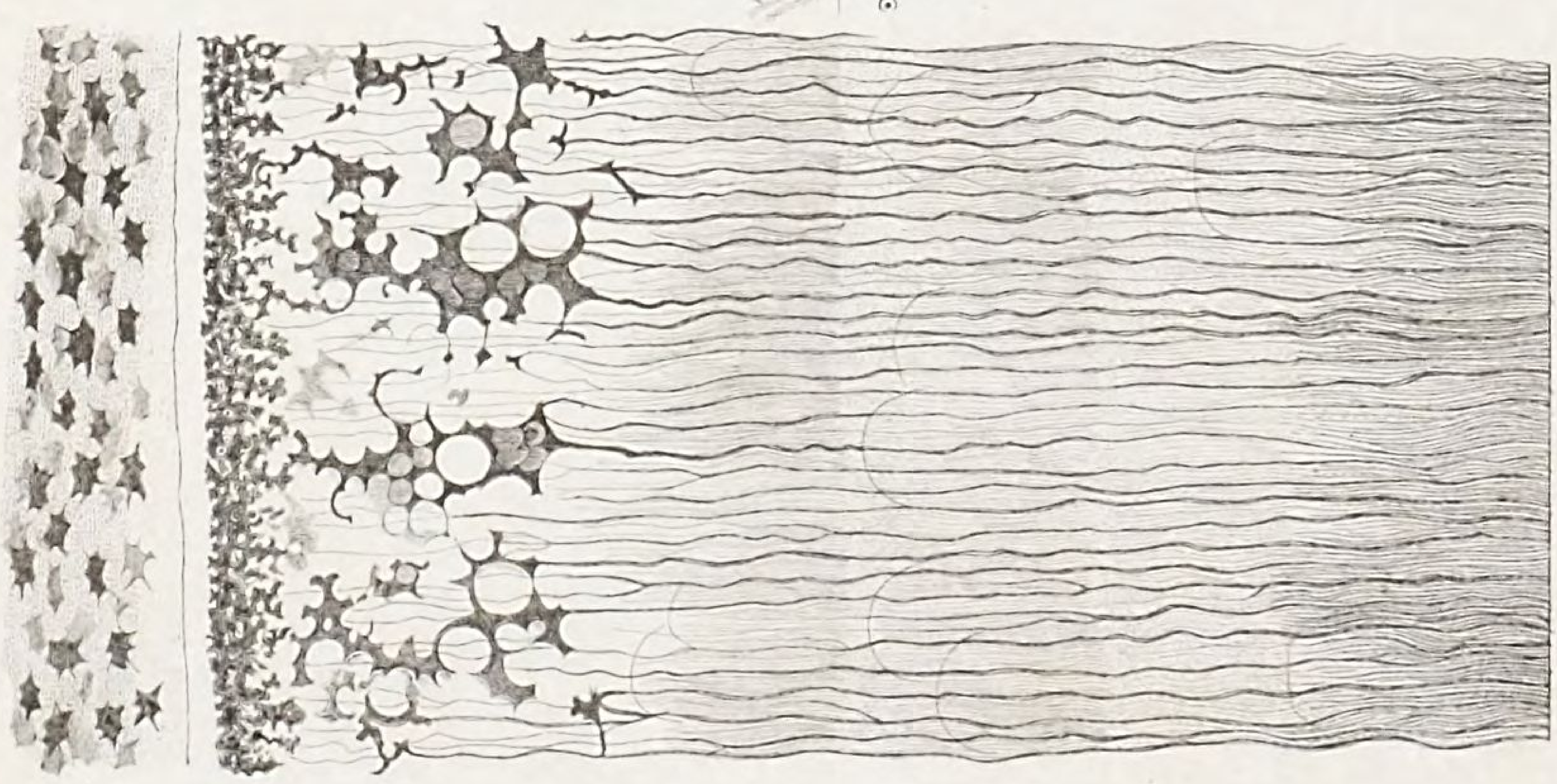


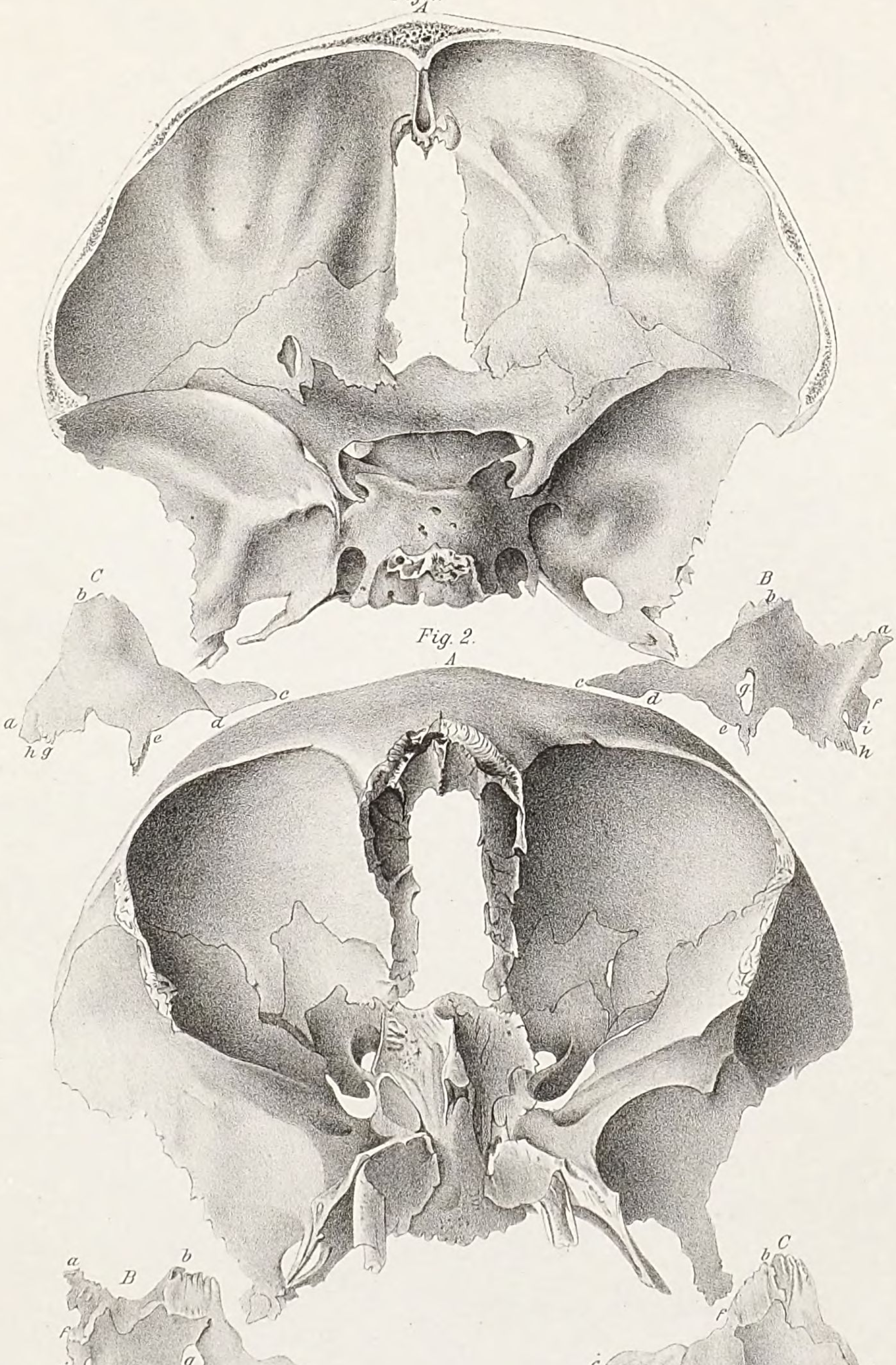
Fig. 6.

Verlag v. W. Engelmann, Leipzig

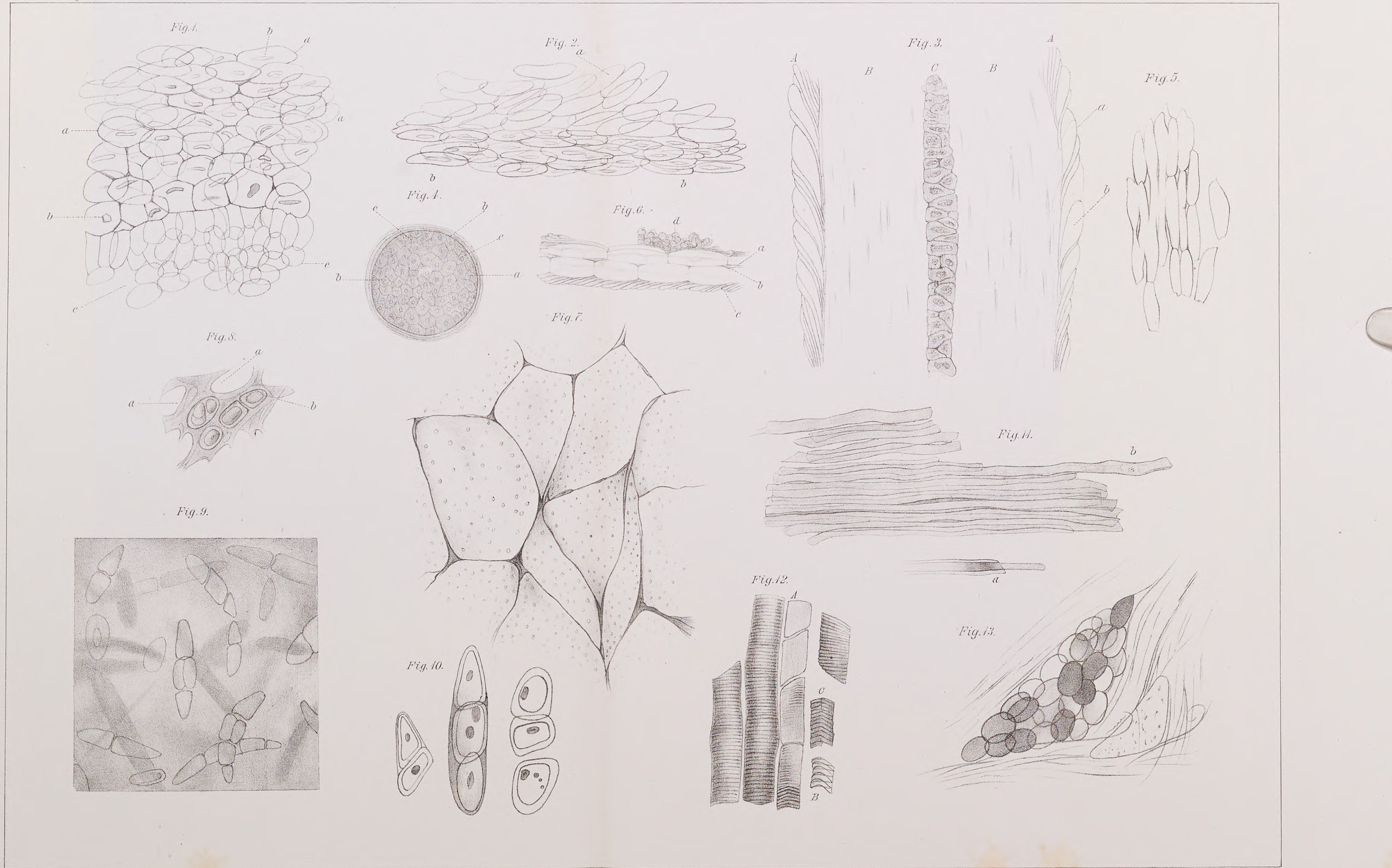
Lith. Anst. J. G. Bach Leipzig.

Fig. 1.

Fig. 2.



Verlag v. Wilh Engelmann Leipzig. Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig



Verlag v. Wilh. Engelmann, Leipzig. Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.

Fig. 1.

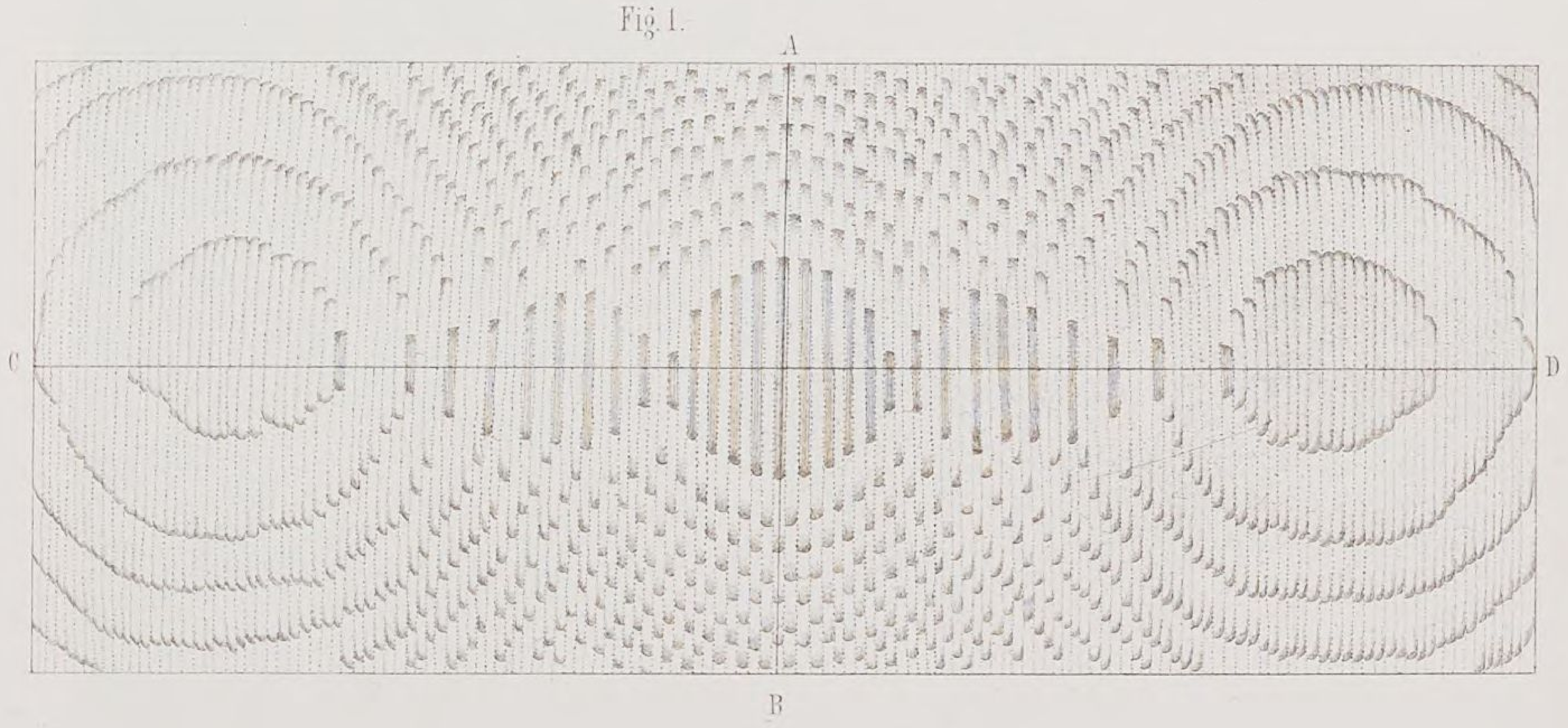


Fig. a.



Fig. 2.

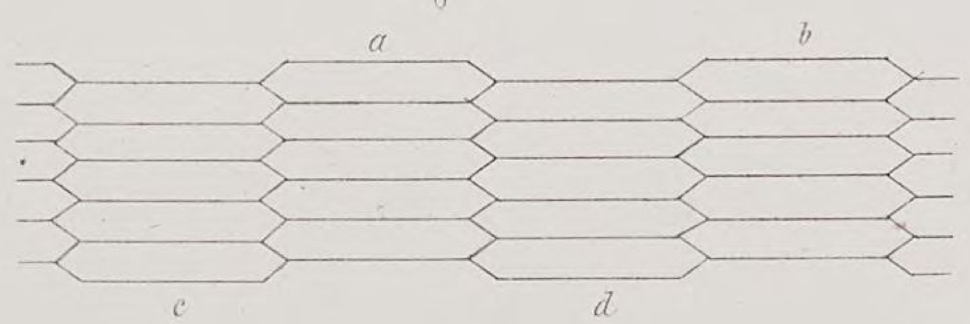


Fig. b.

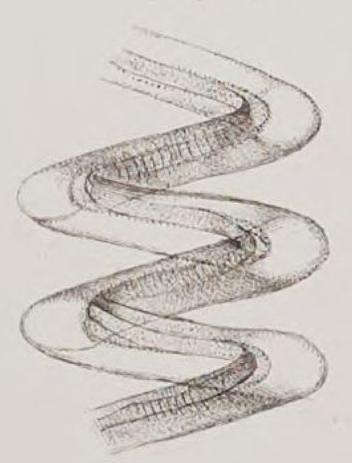


Fig. 3.

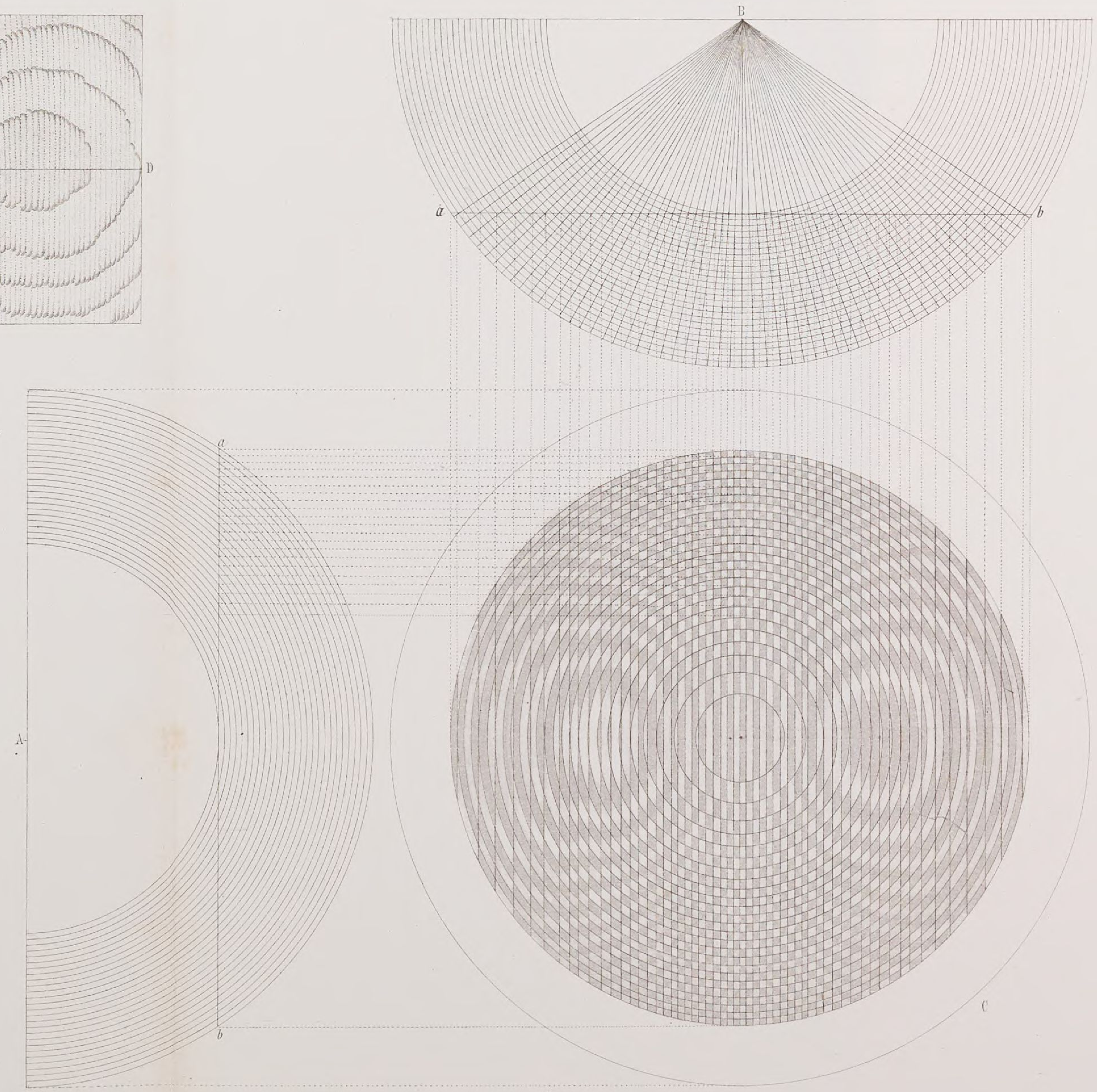


Fig. 1.

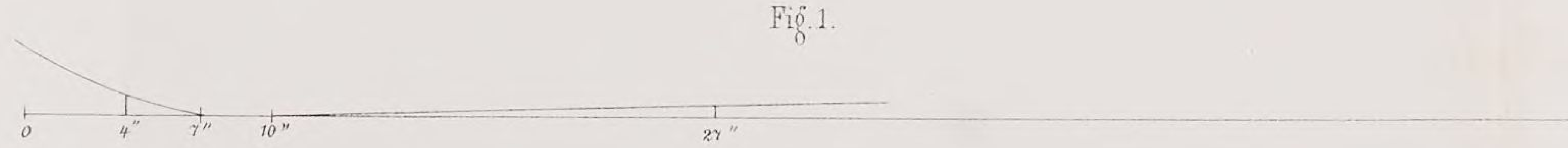


Fig. 2.



Fig. 3.

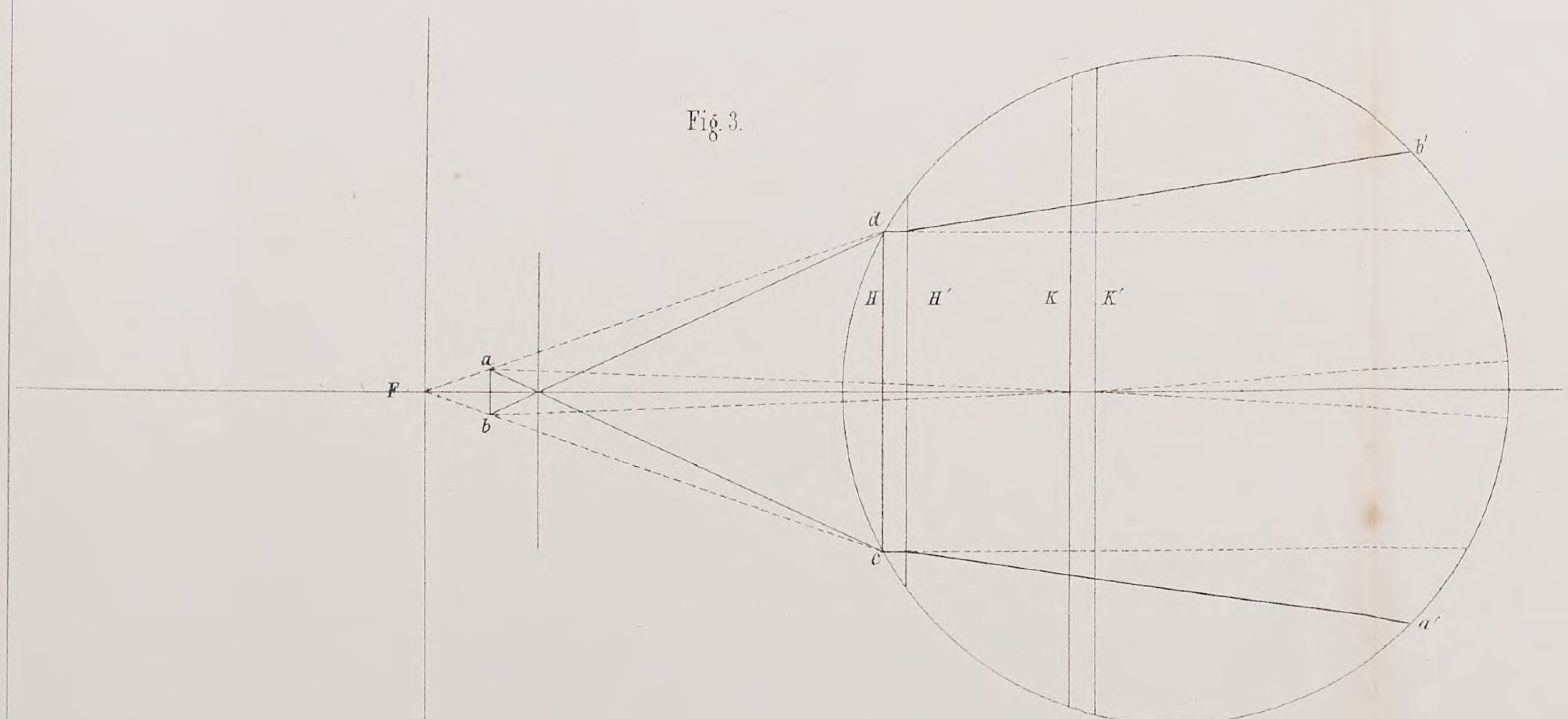
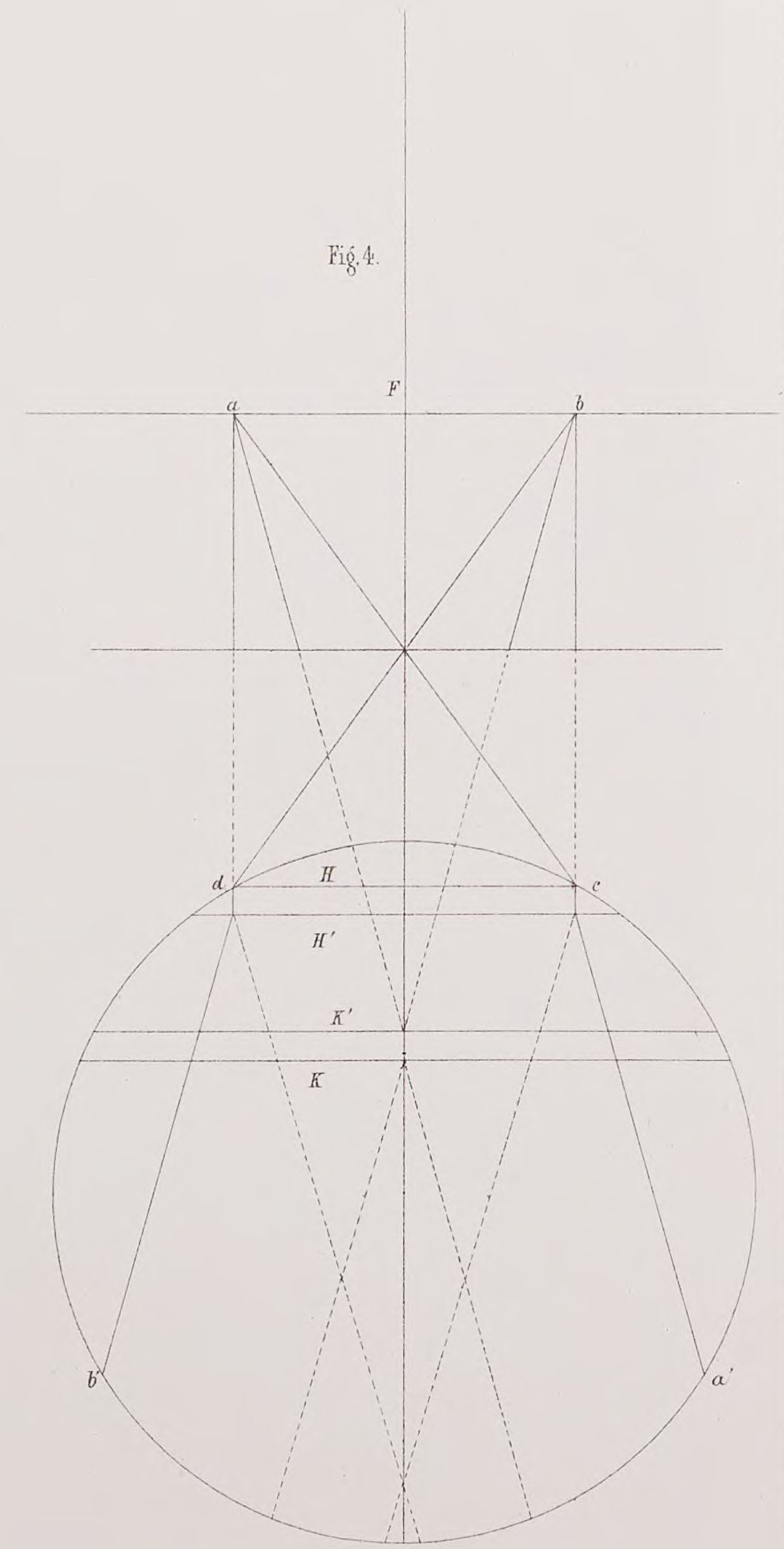


Fig. 4.



Verlag von Wilh. Engelmann in Leipzig.
Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

Fig. 5.

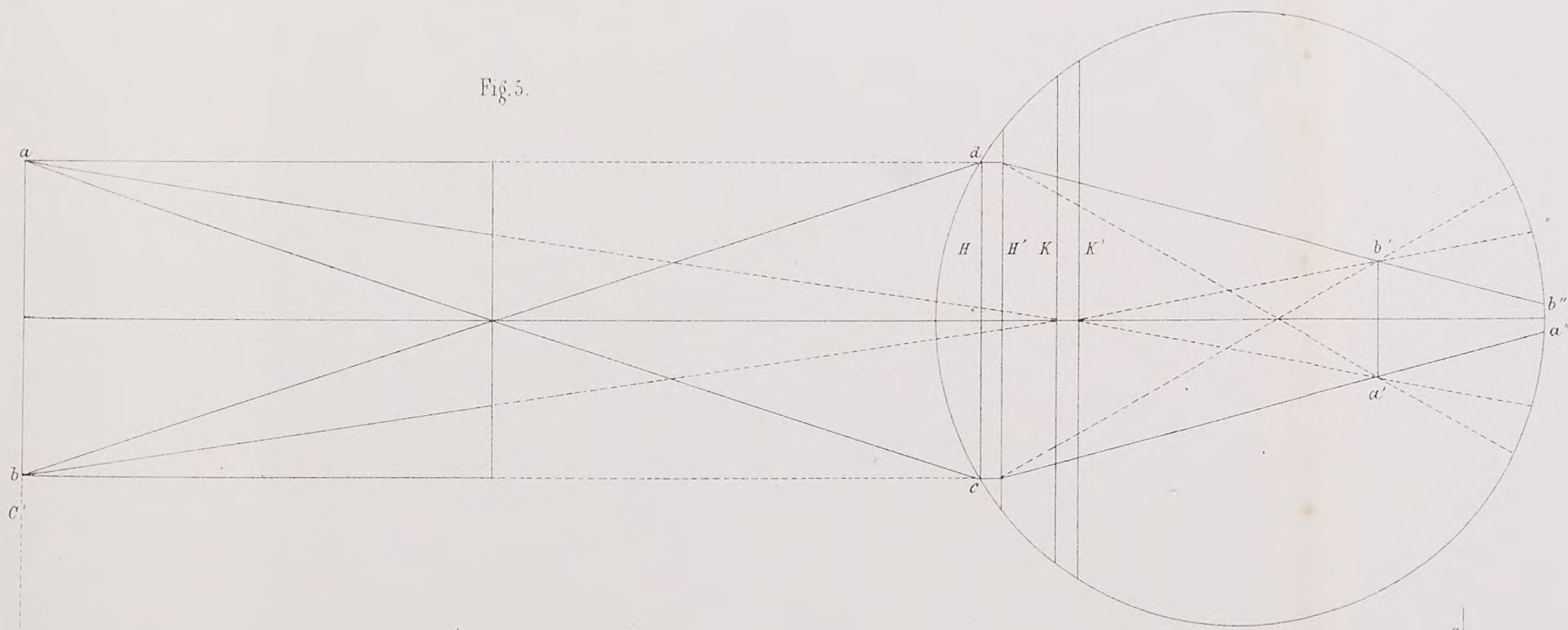


Fig. 6

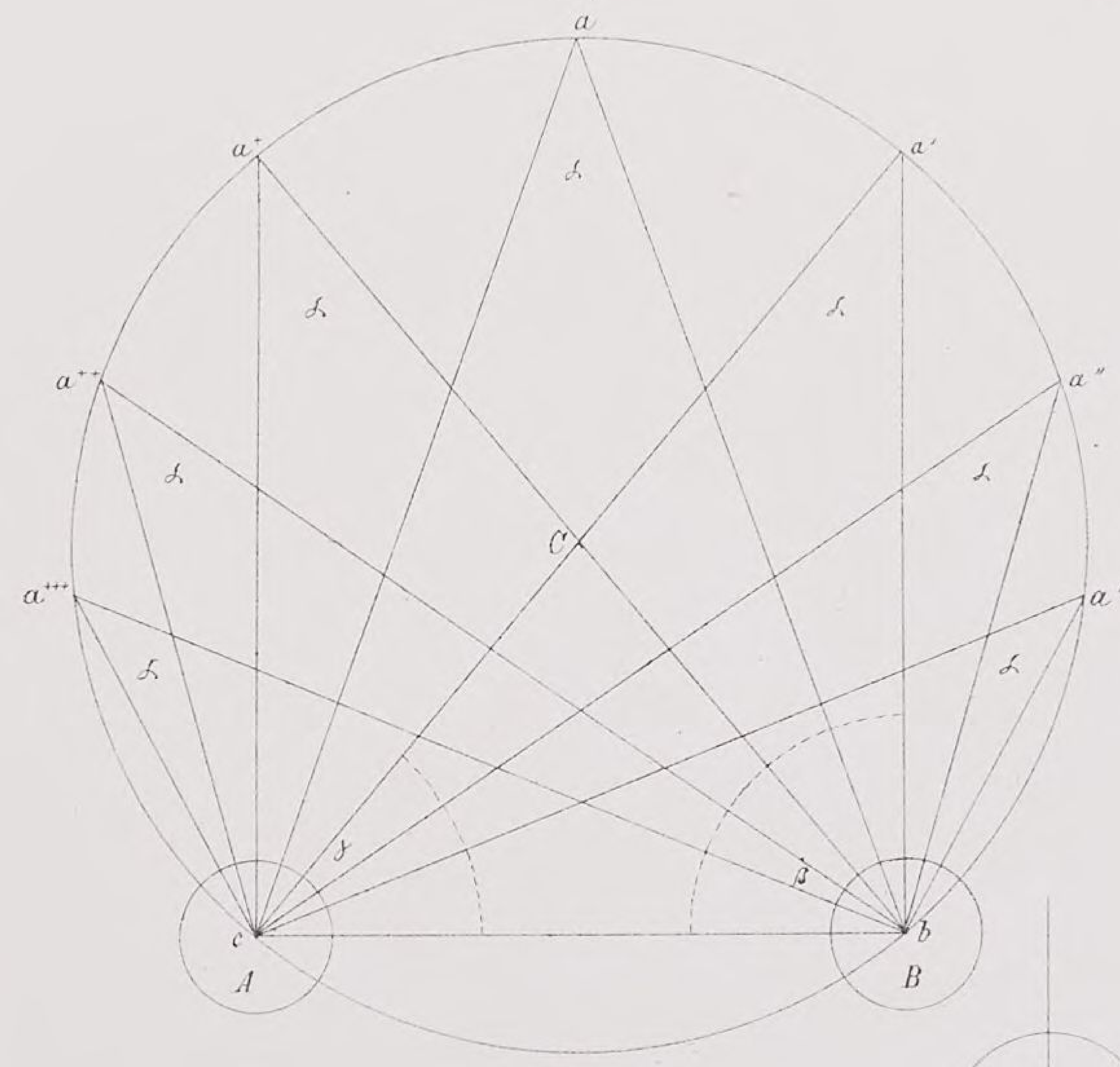


Fig. 7.

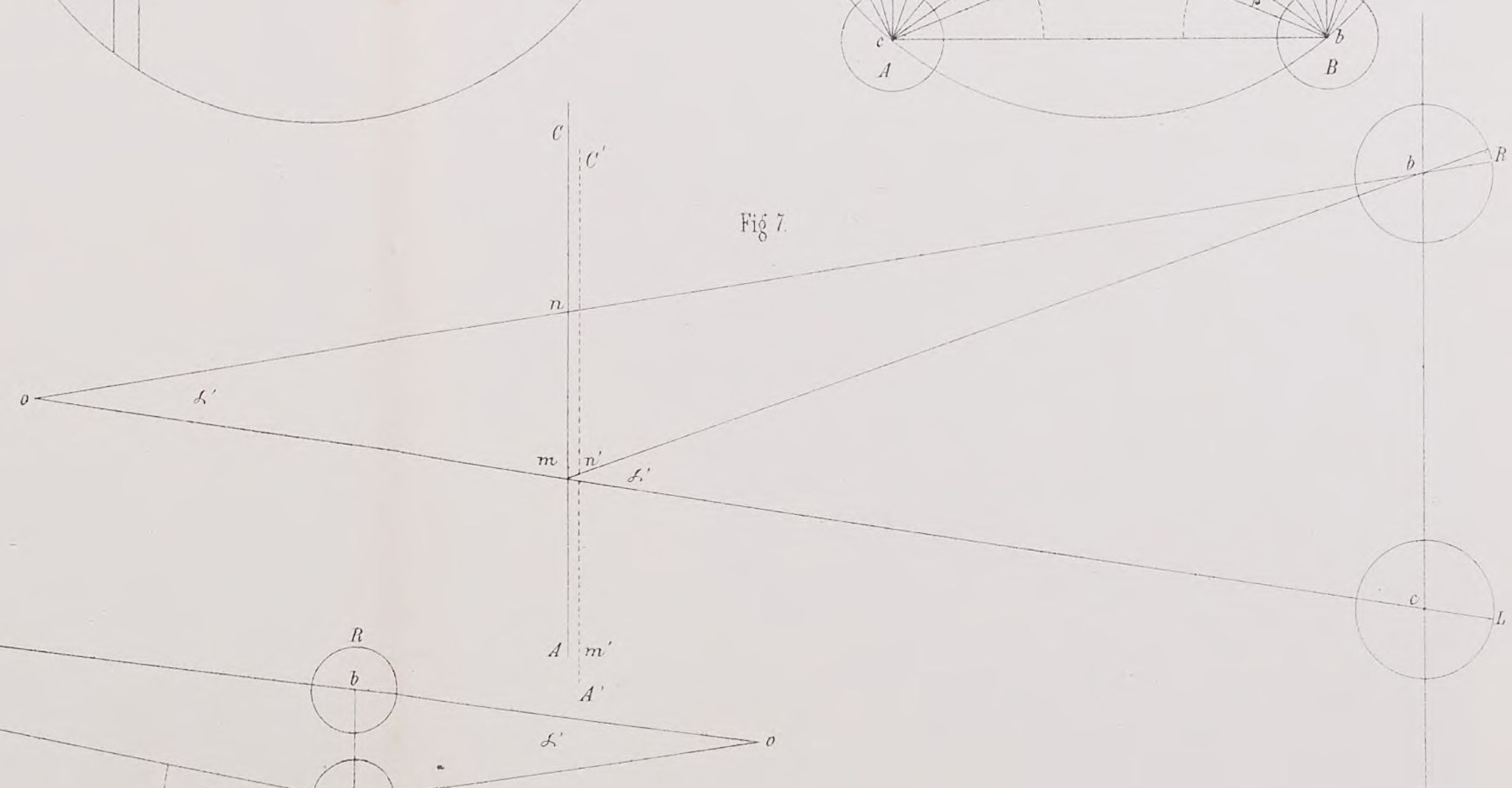


Fig. 8.



Verlag von Wilh. Engelmann in Leipzig

Lith. Anst. v. F. A. Funke, Leipzig

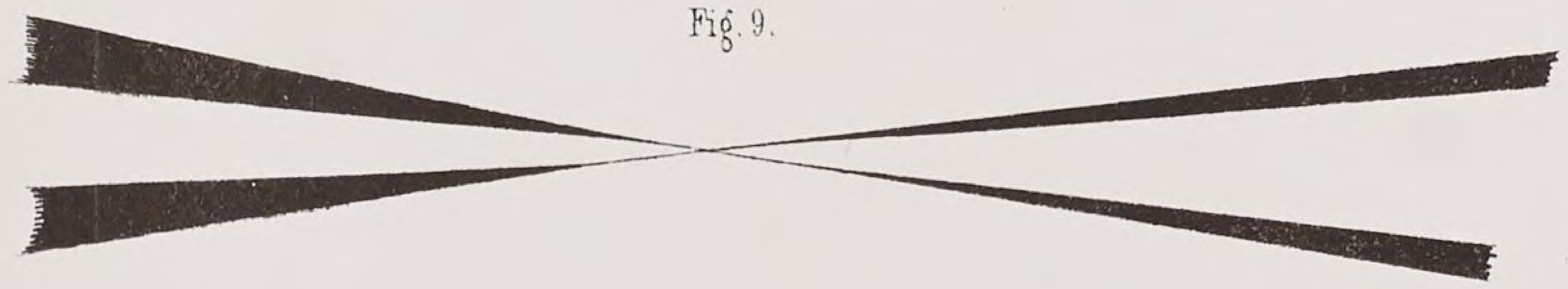


Fig. 9.

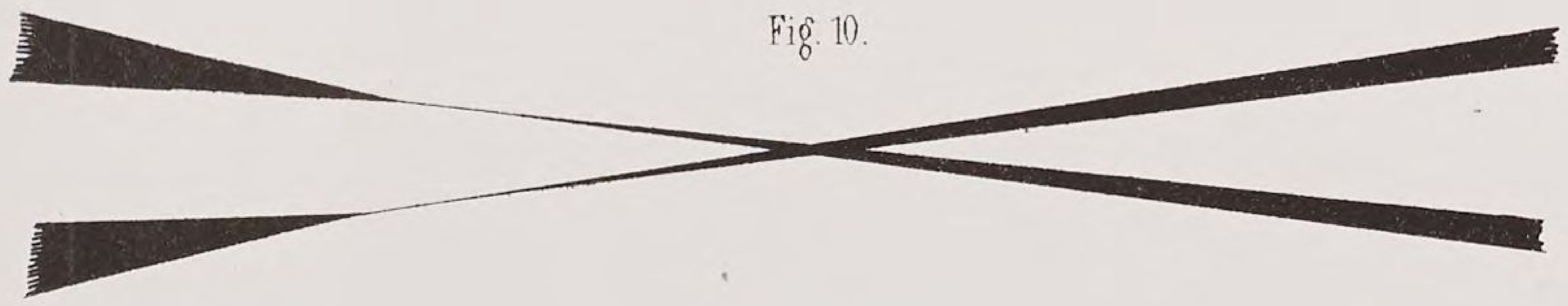


Fig. 10.



Fig. 11.

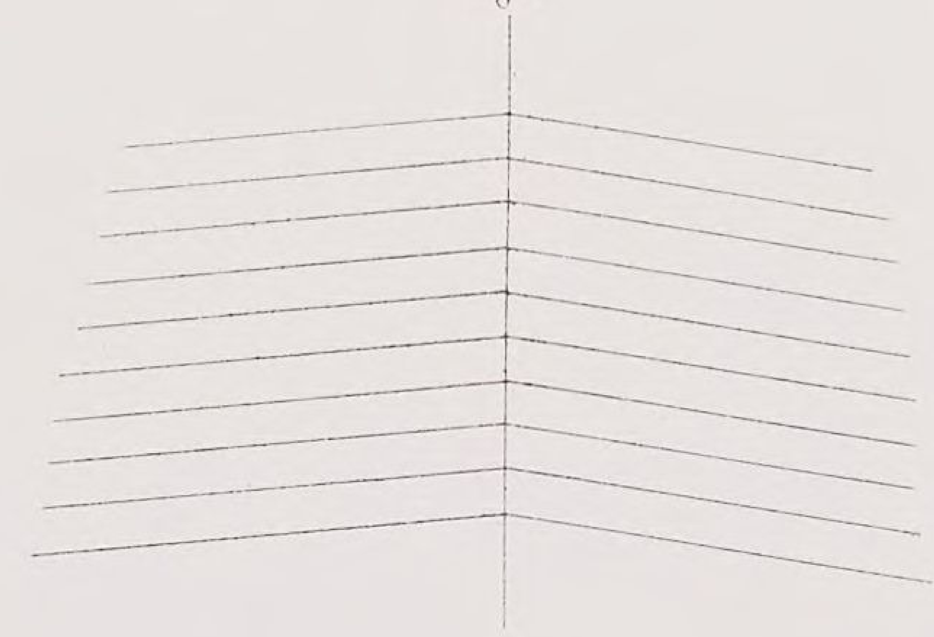


Fig. 12.

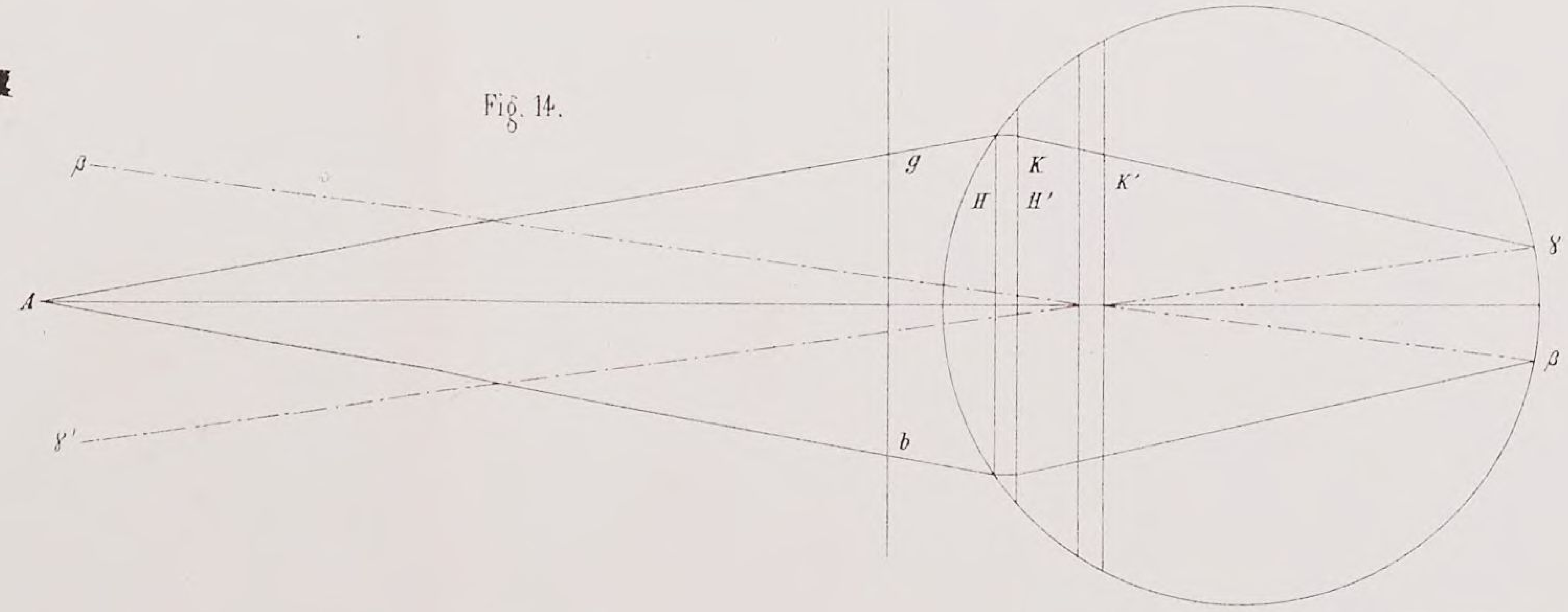


Fig. 14.

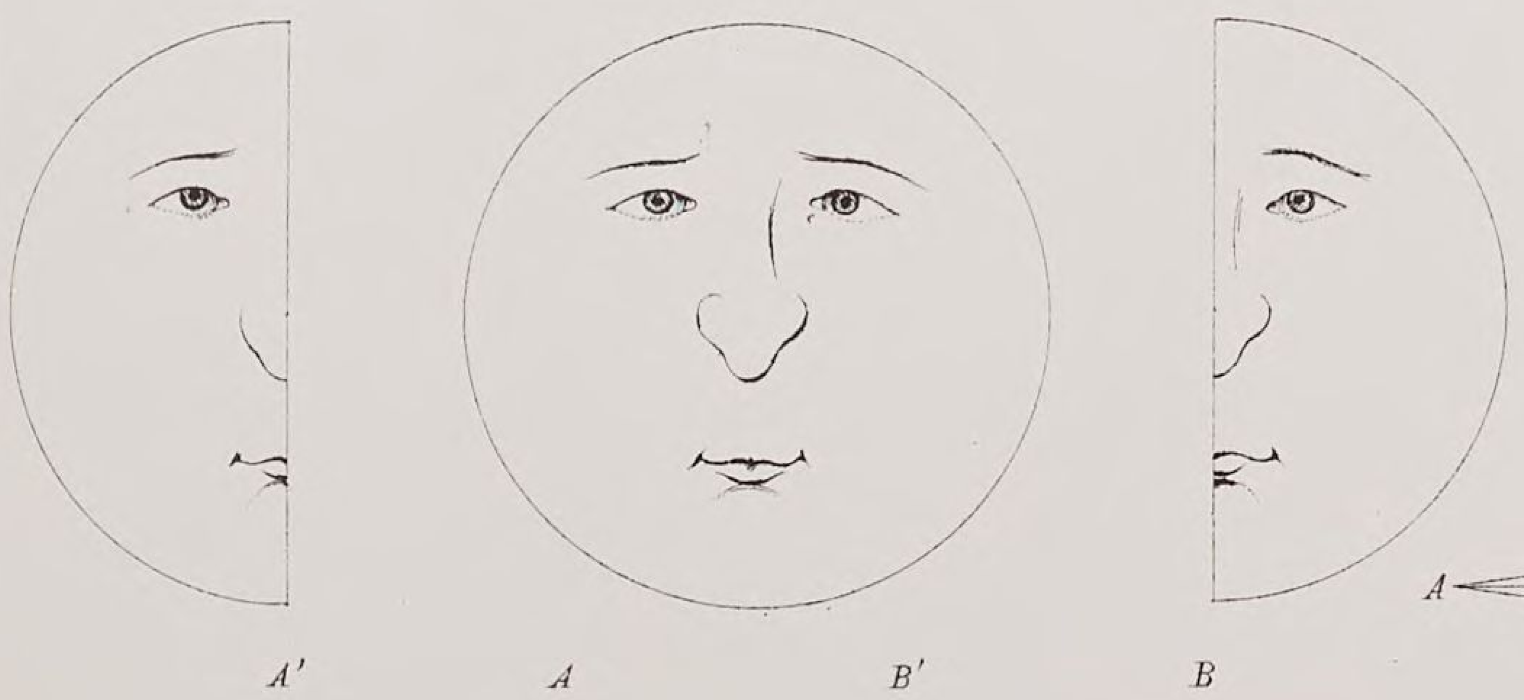


Fig. 13.

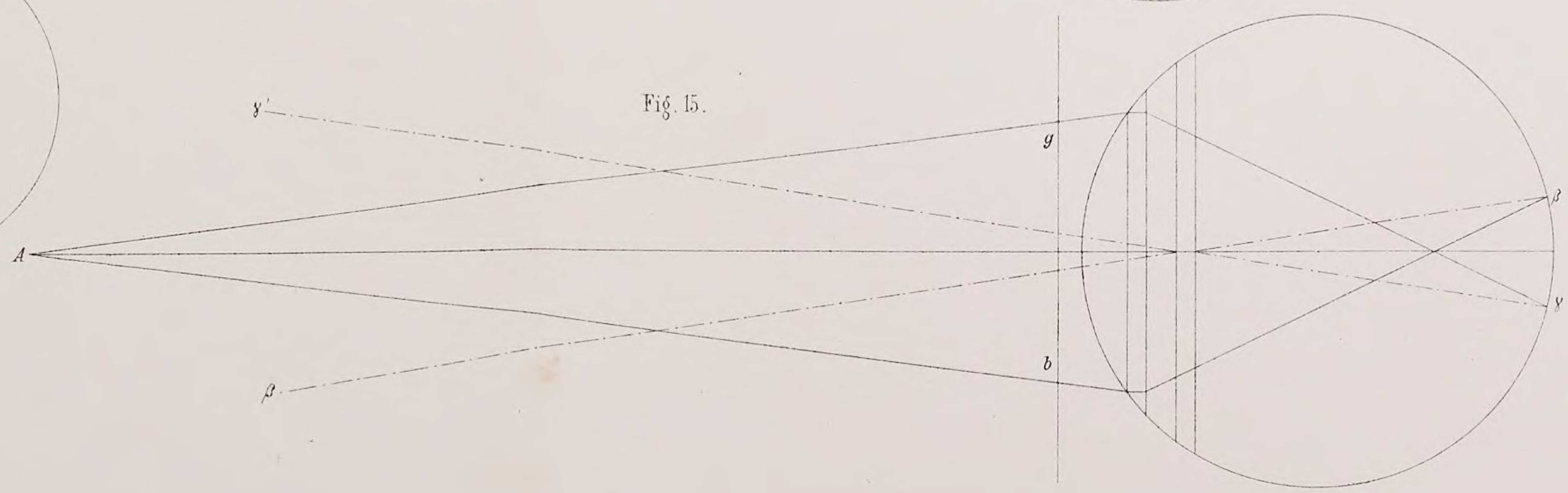


Fig. 15.

Fig. 5.

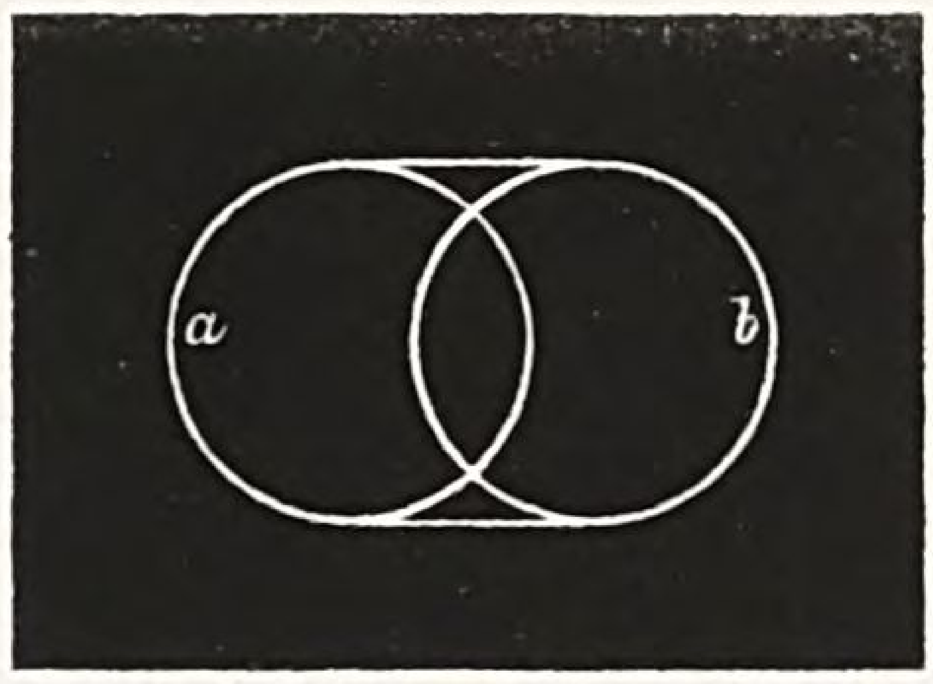


Fig. 1.

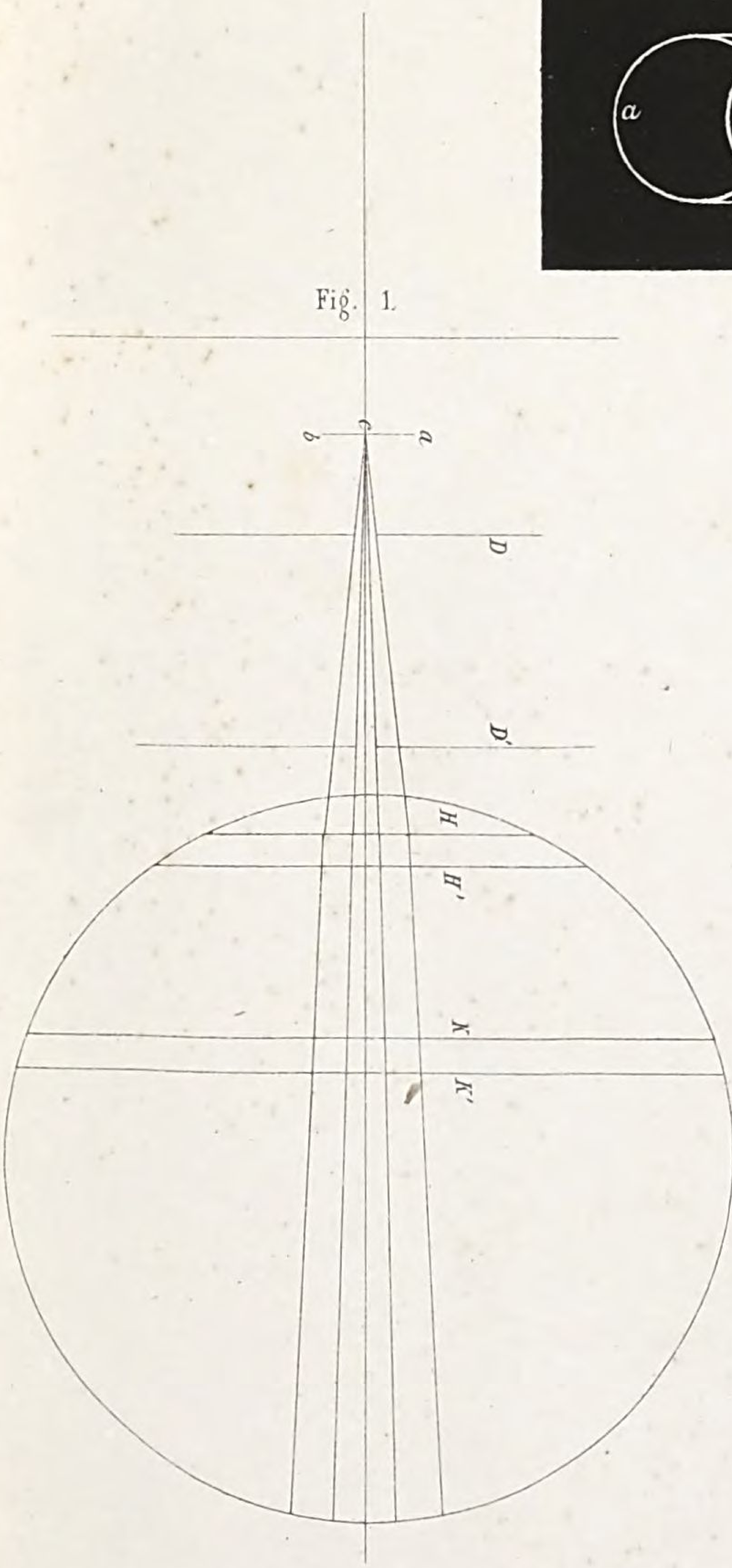
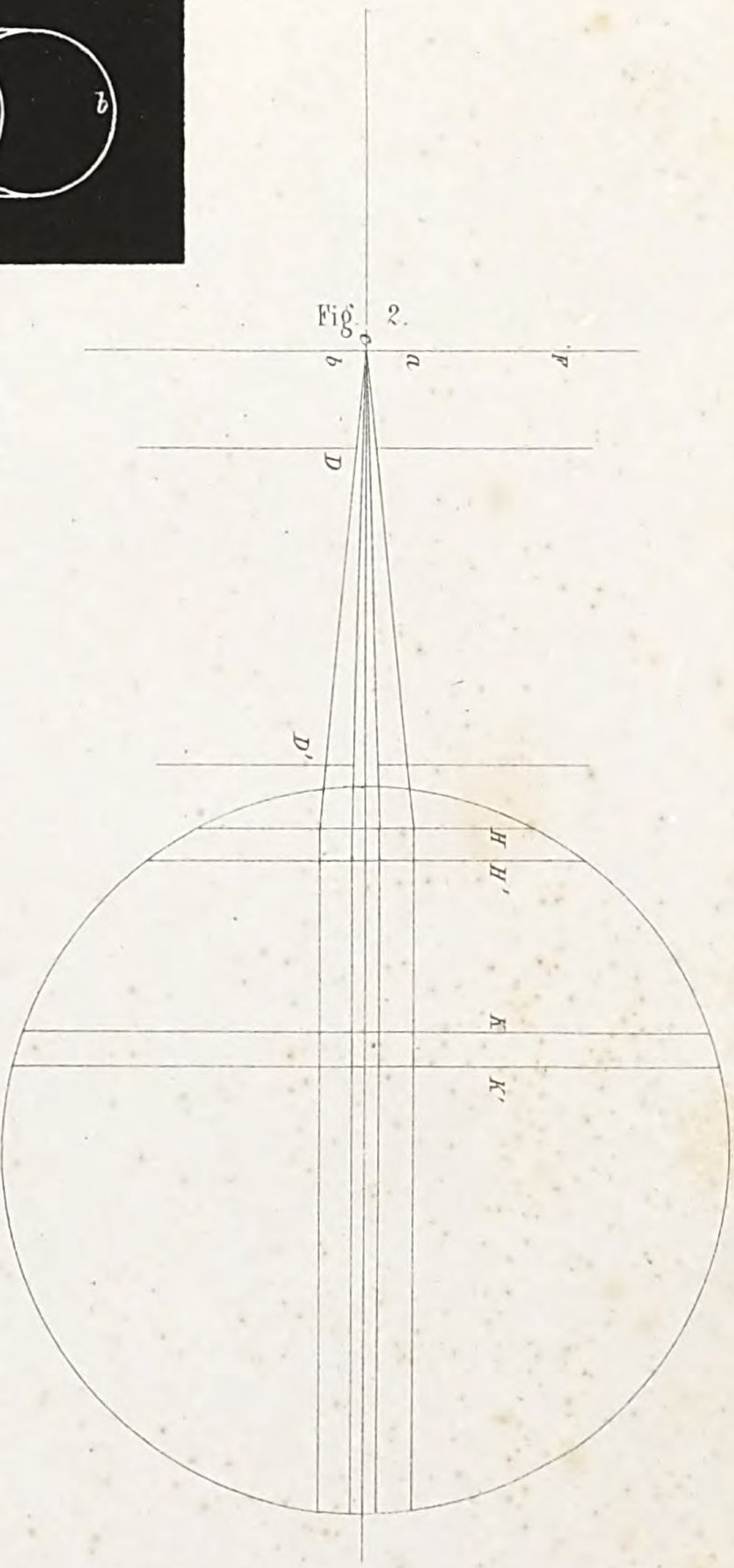


Fig. 2.



Verlag von Wilh. Engelmann in Leipzig. Lith. Anst. v. E. A. Funke Leipzig

Fig. 6.

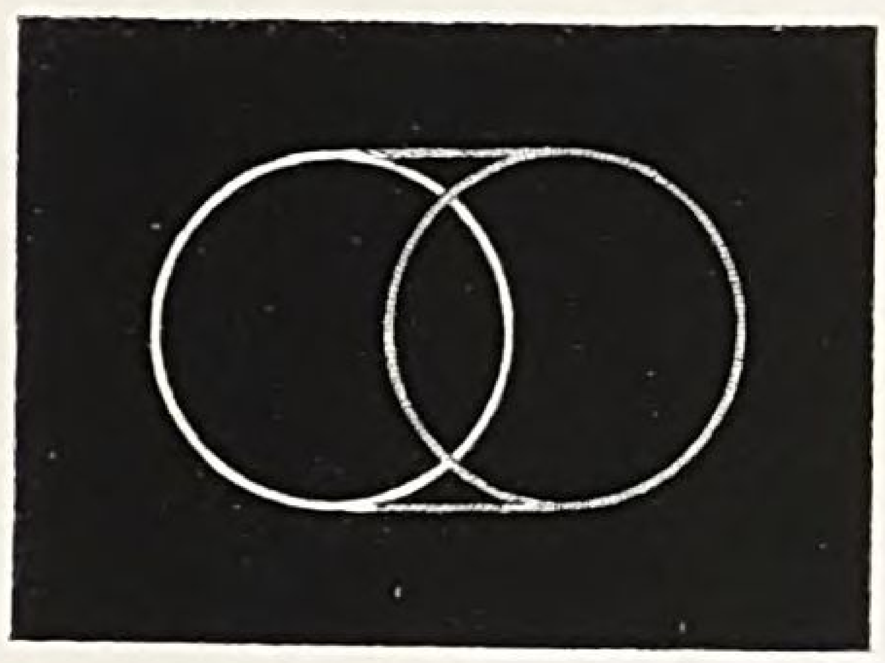
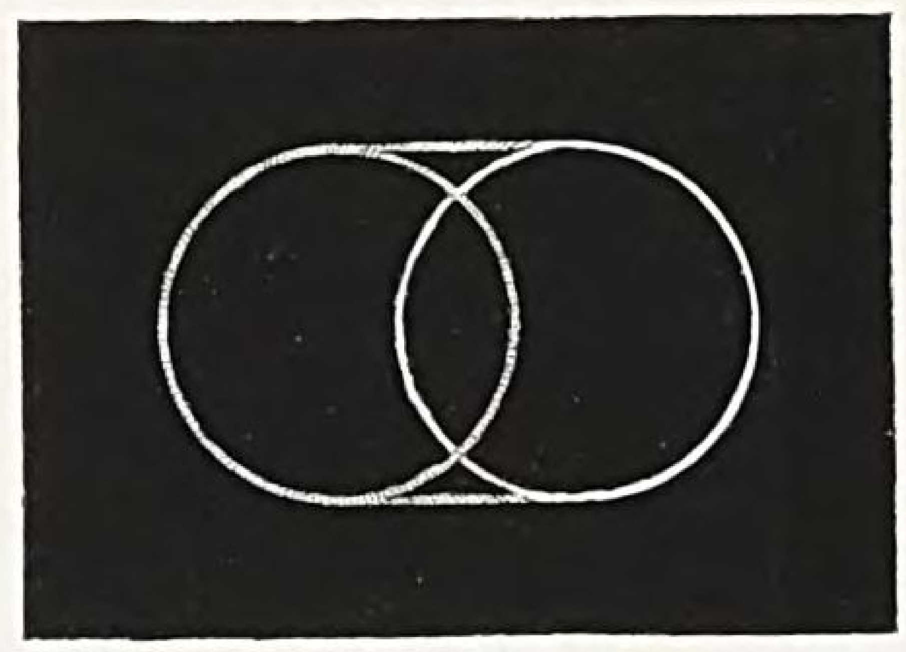


Fig. 7.



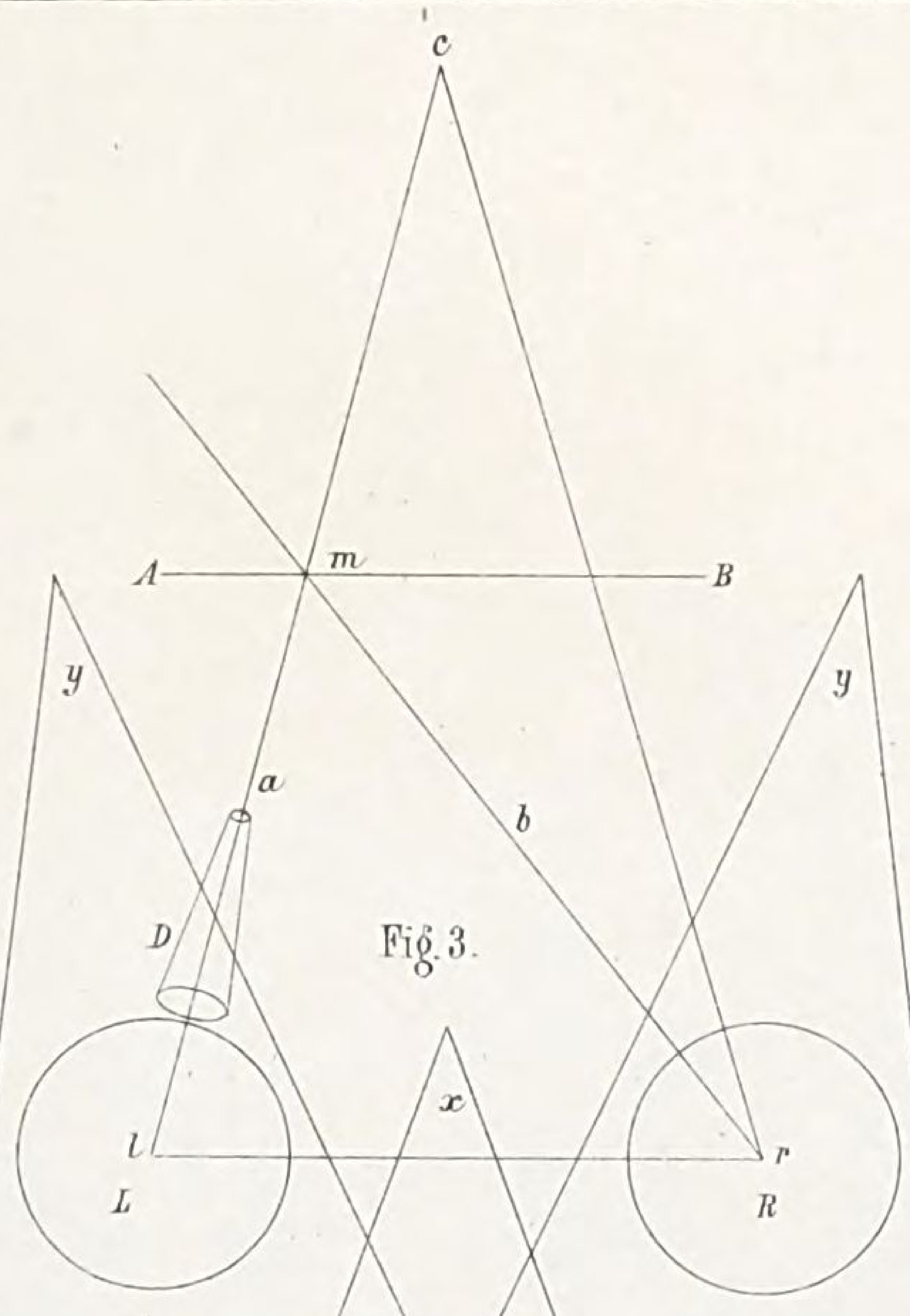


Fig. 3.

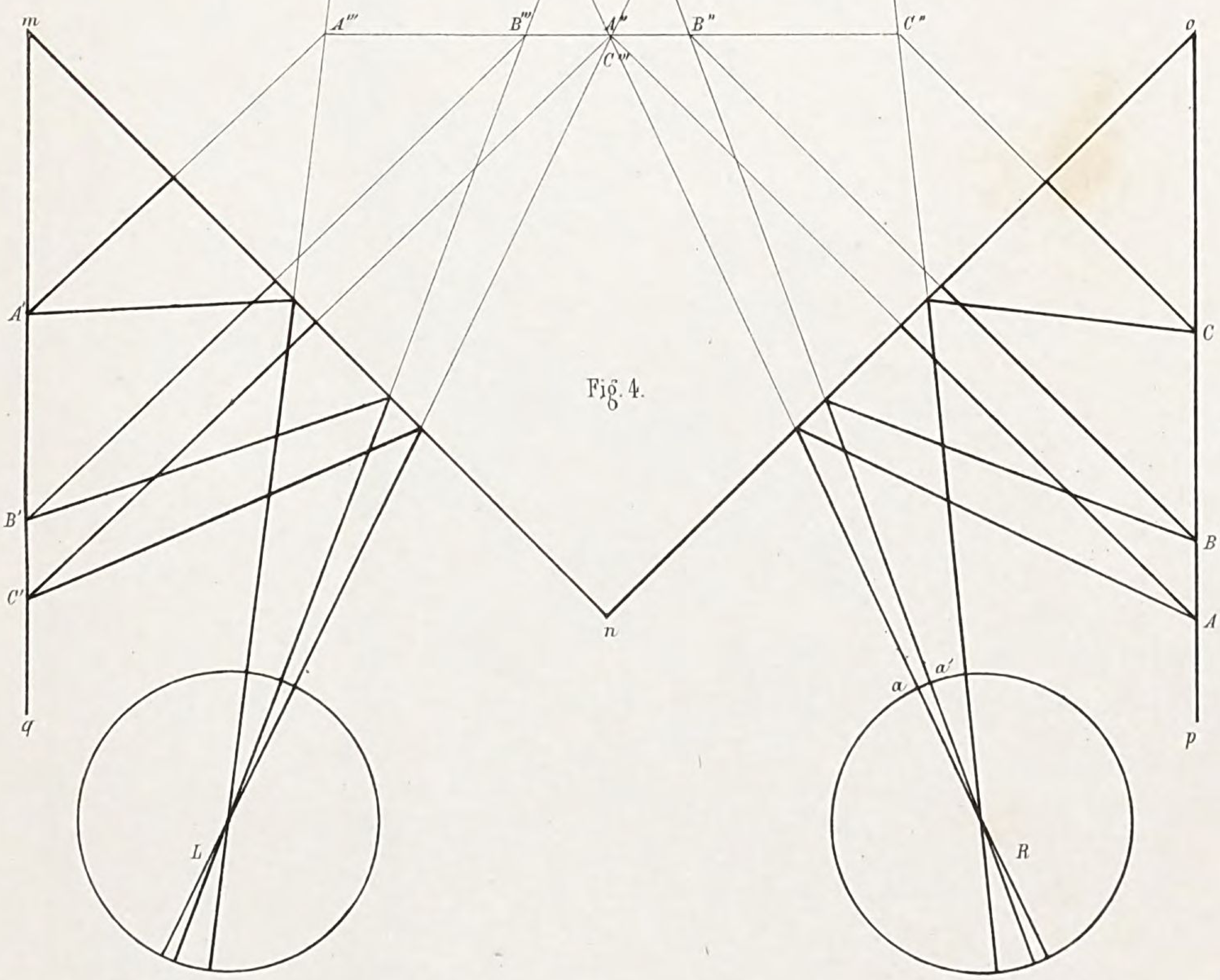


Fig. 4.

Verlag von Wilh. Engelmann in Leipzig. Lith. Anst. E. A. Funke, Leipzig

Fig. 8.

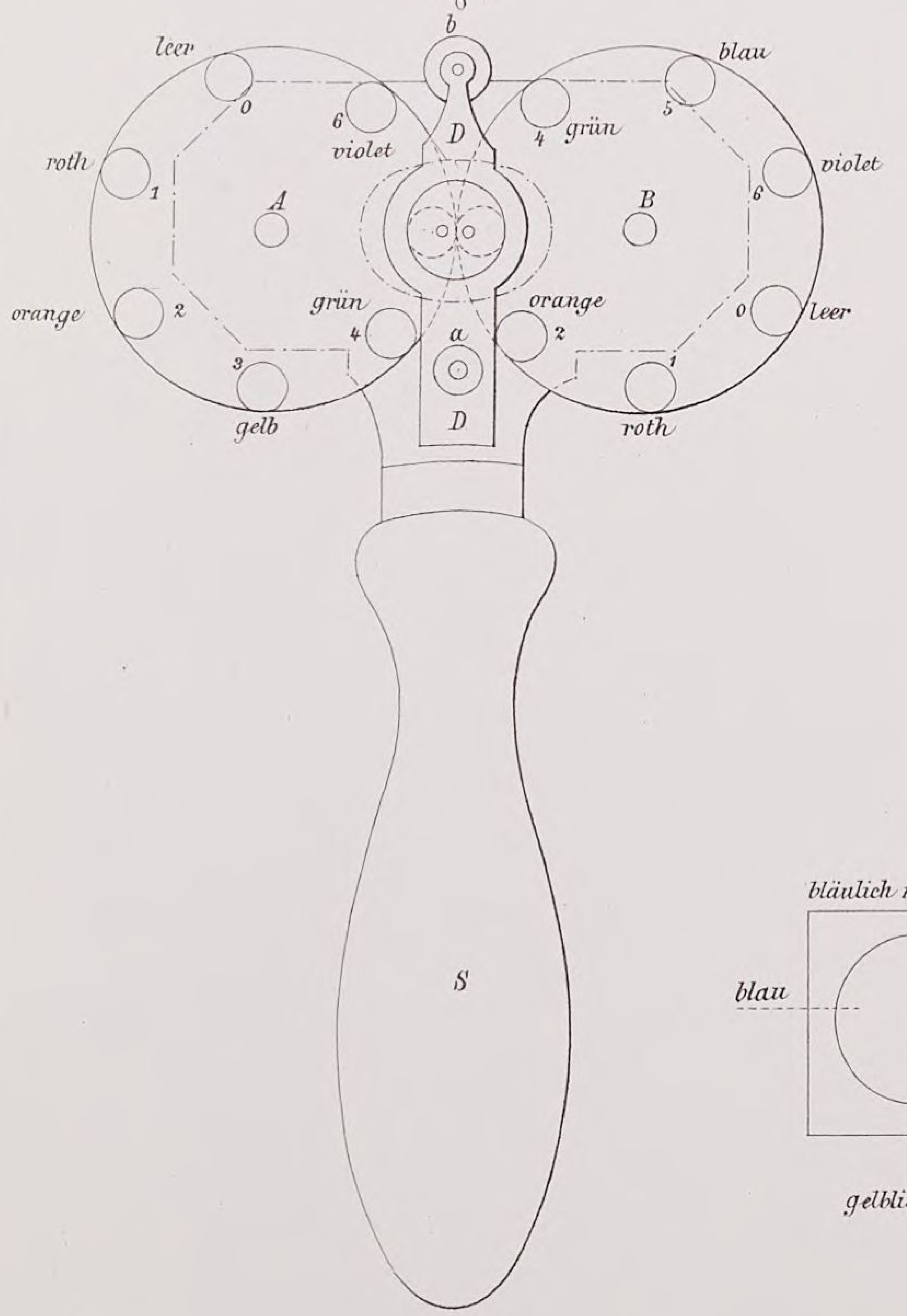


Fig. 27.

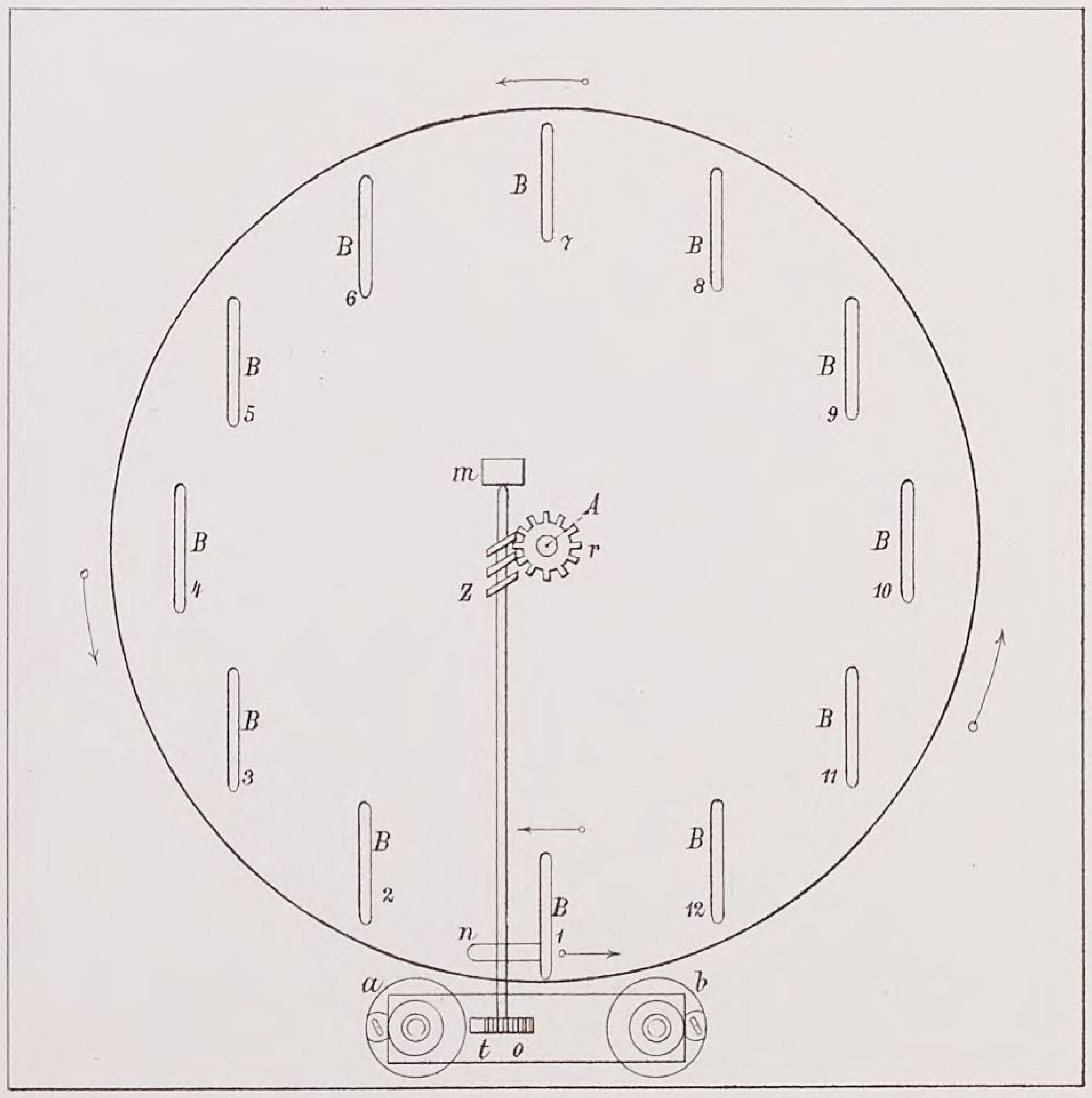


Fig. 9.

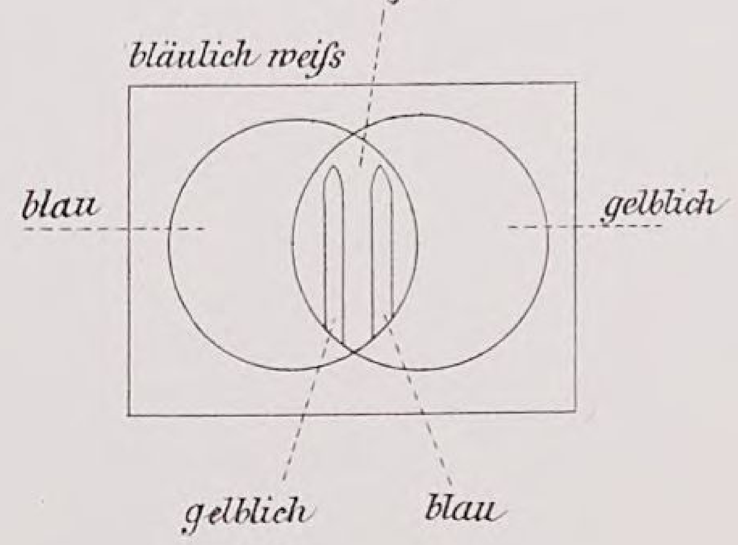


Fig. 26.

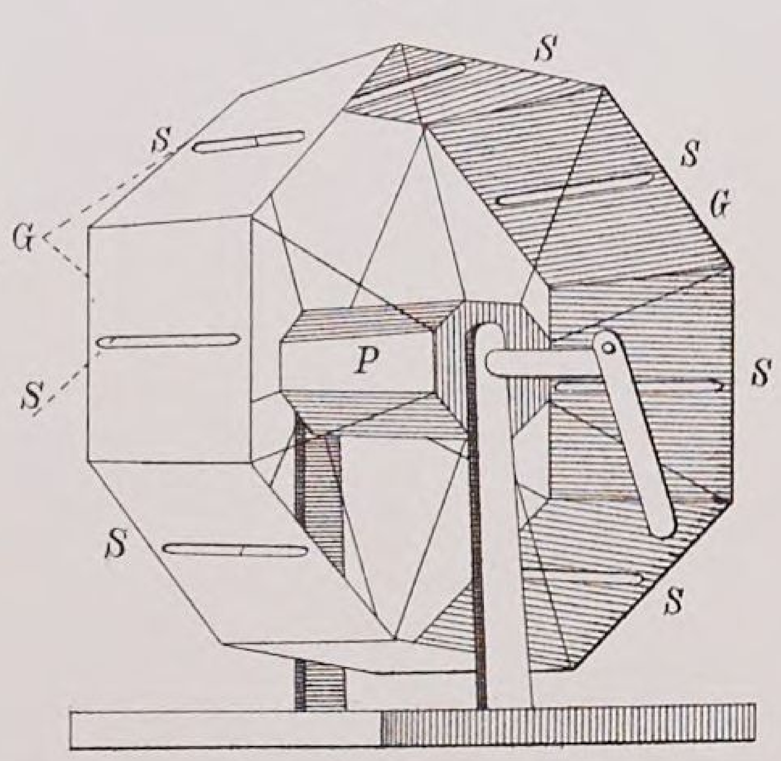


Fig. 28.

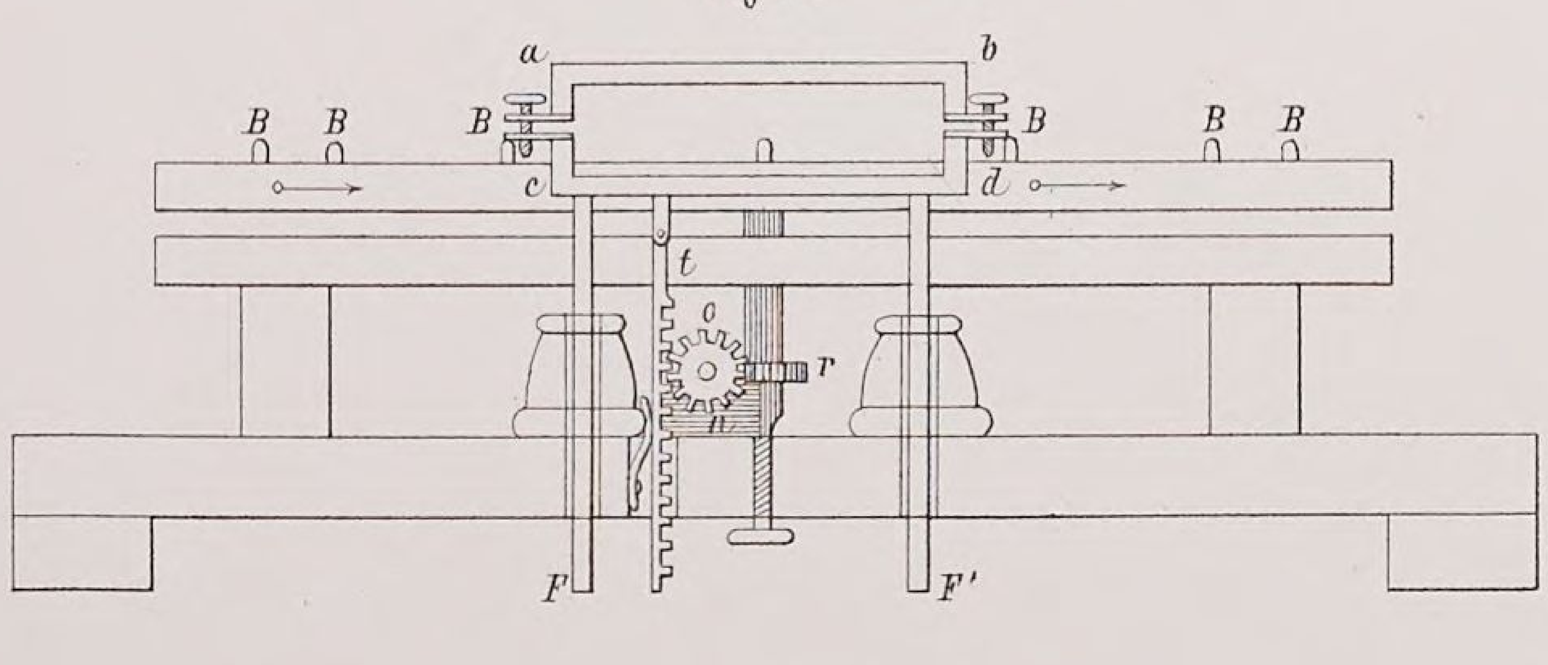


Fig. 10.

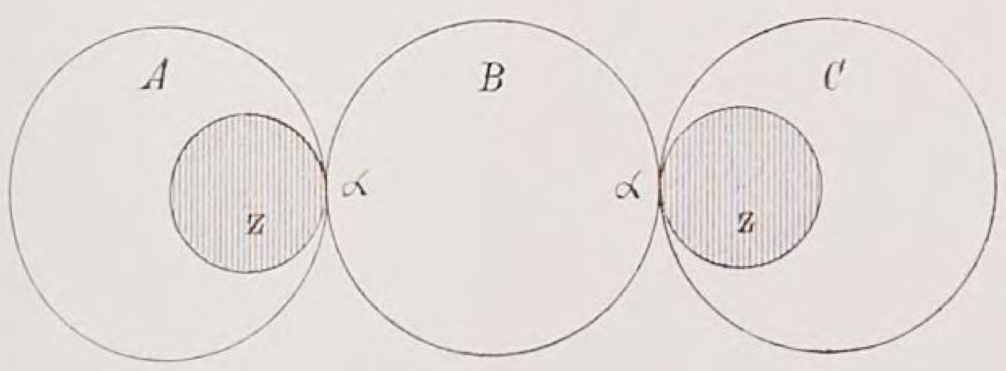


Fig. 11.

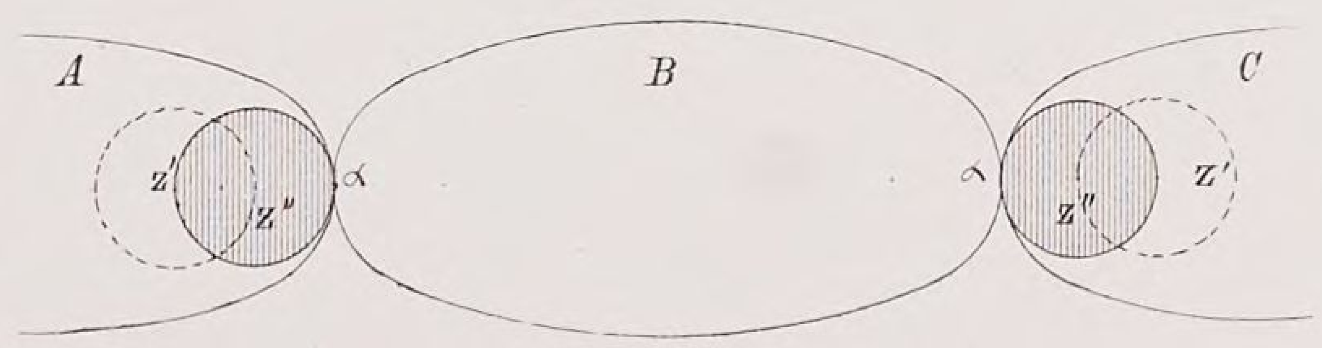


Fig. 12.

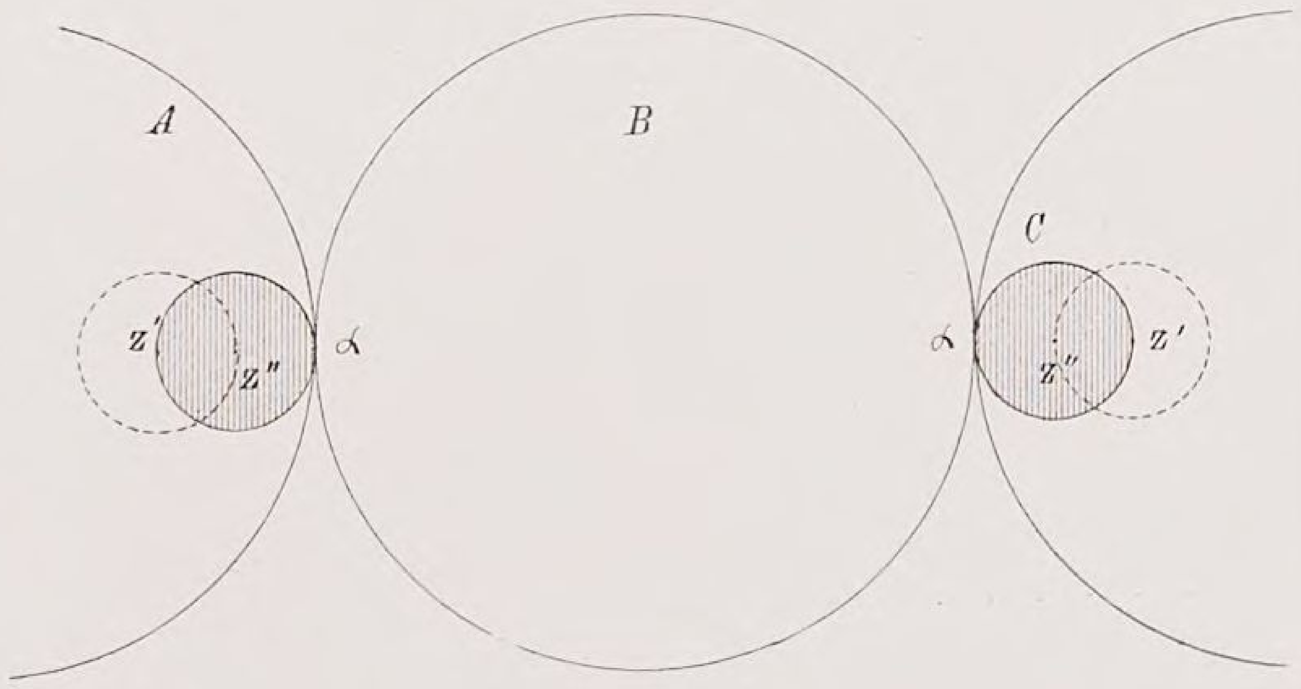


Fig. 13.

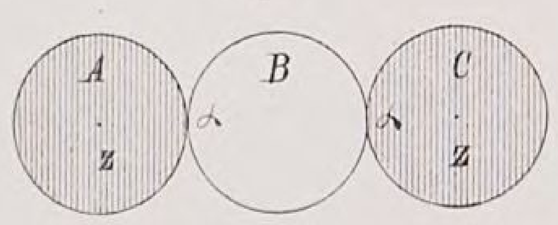


Fig. 14.

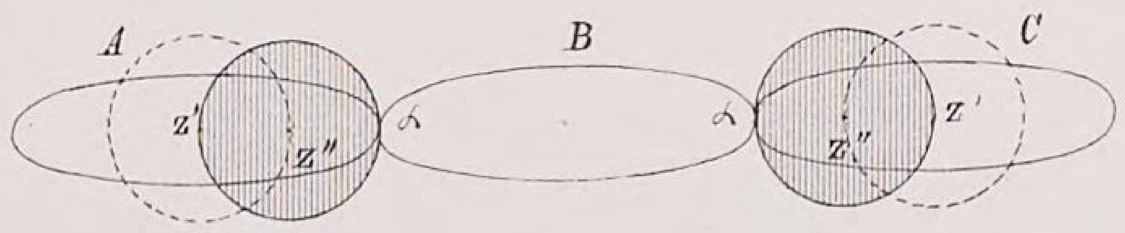


Fig. 15.

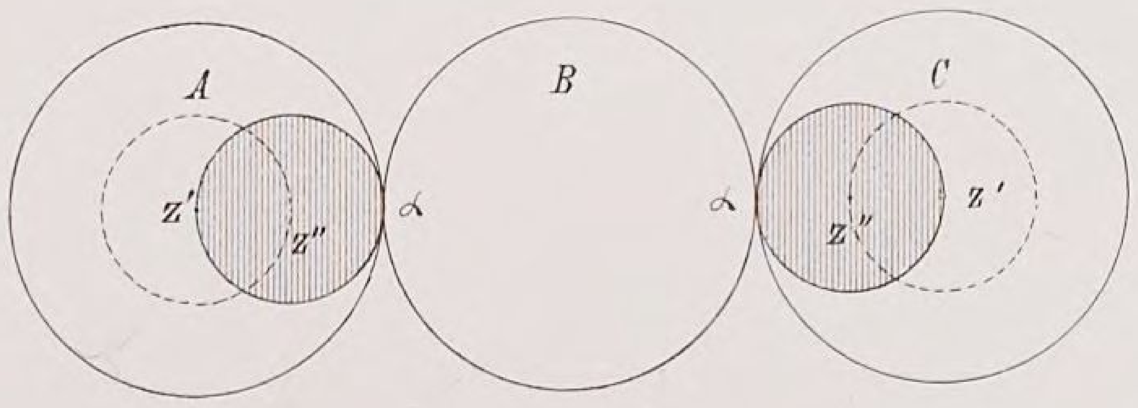


Fig. 17.

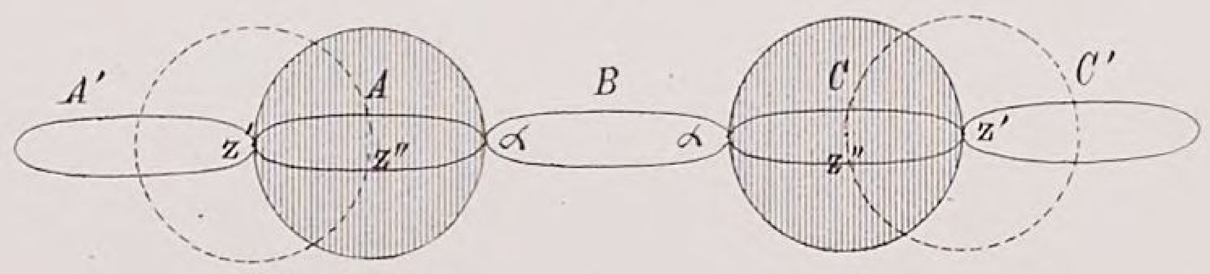


Fig. 16.

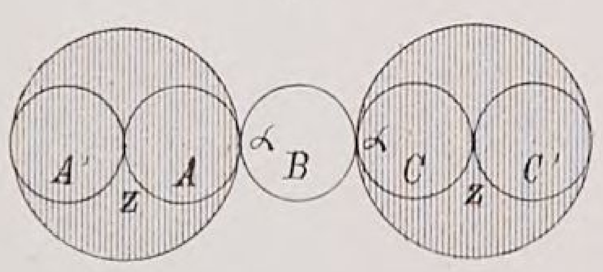


Fig. 18.

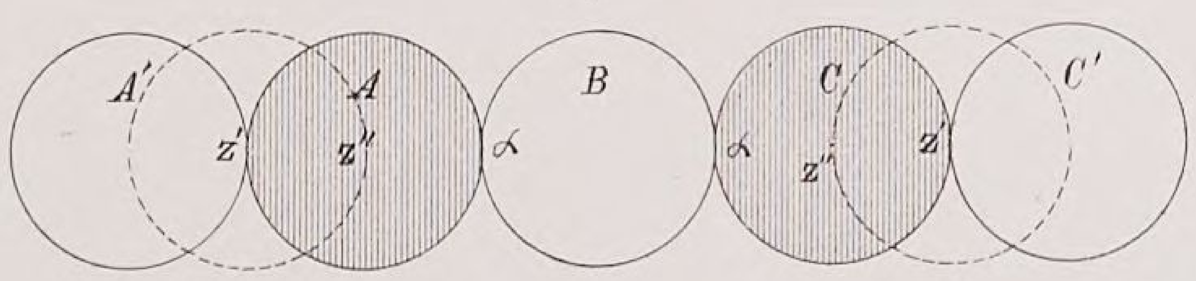


Fig. 20.

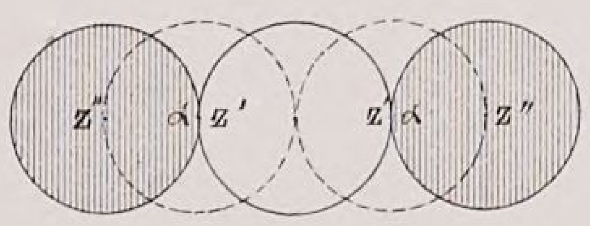


Fig. 19.

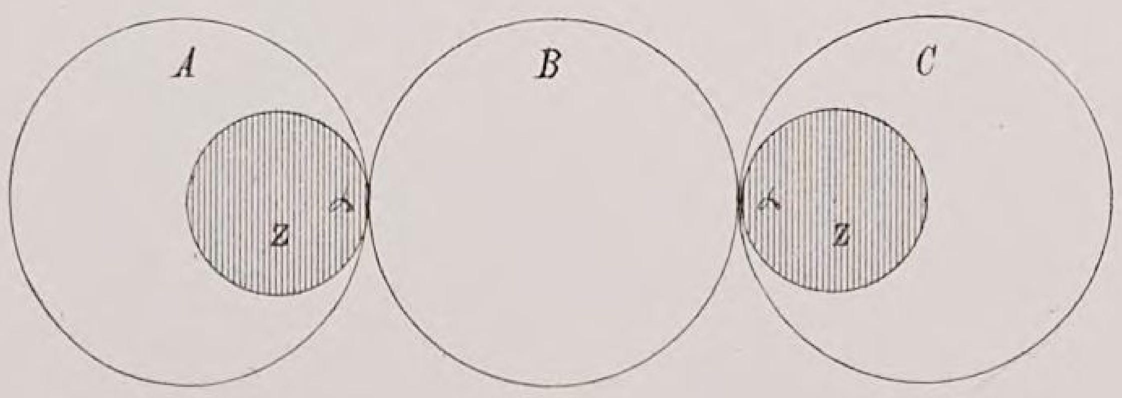


Fig. 21

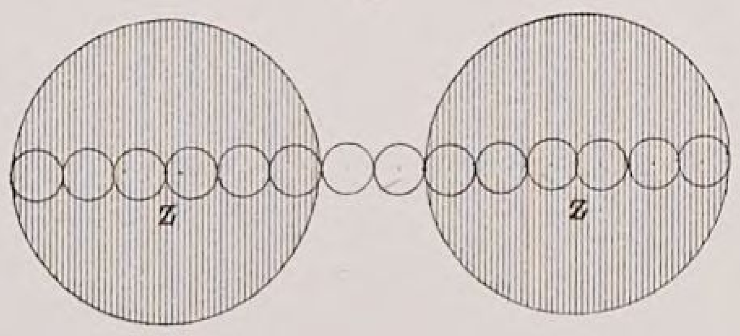


Fig. 22.

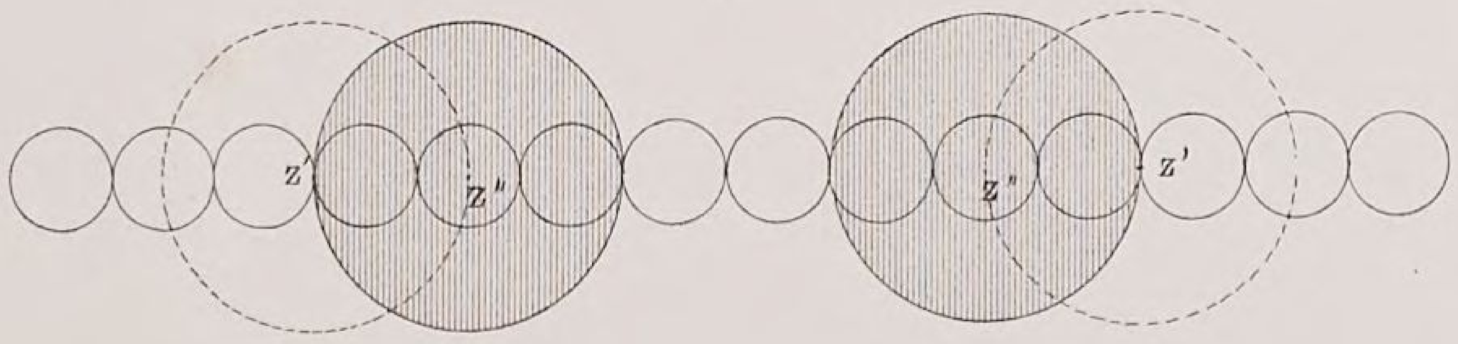


Fig. 23.

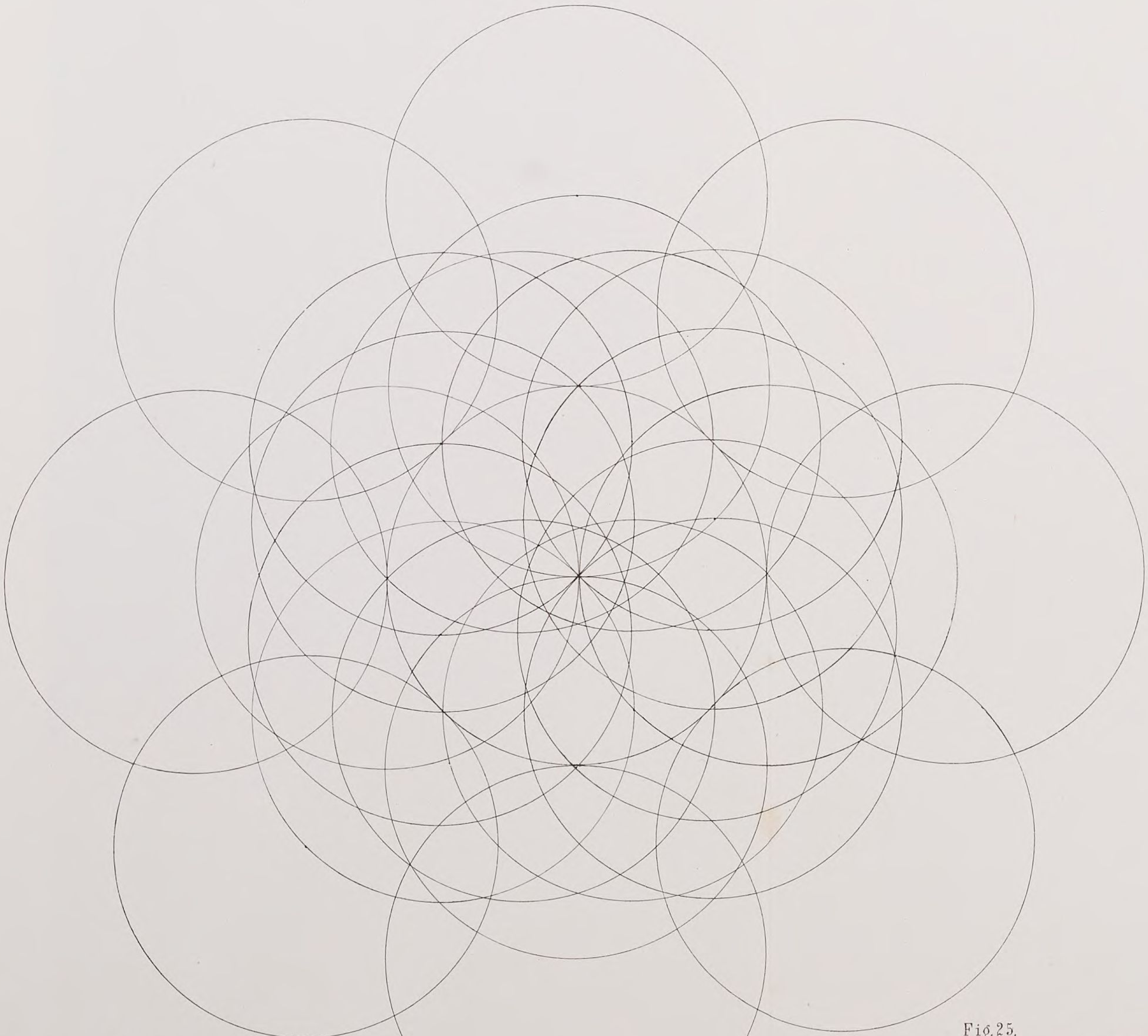


Fig. 24.

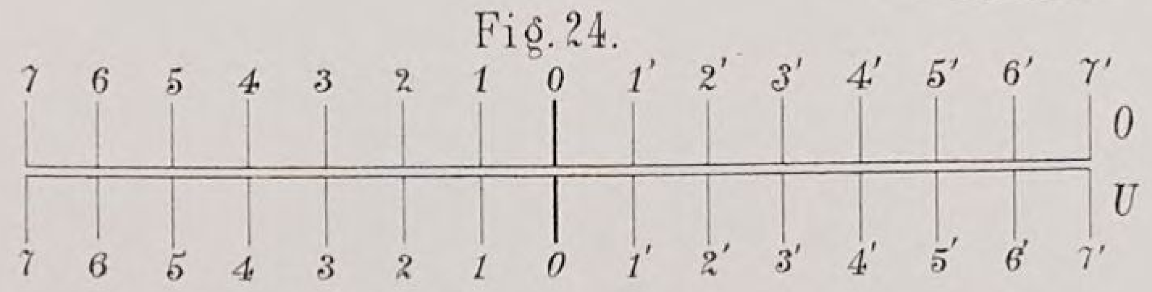
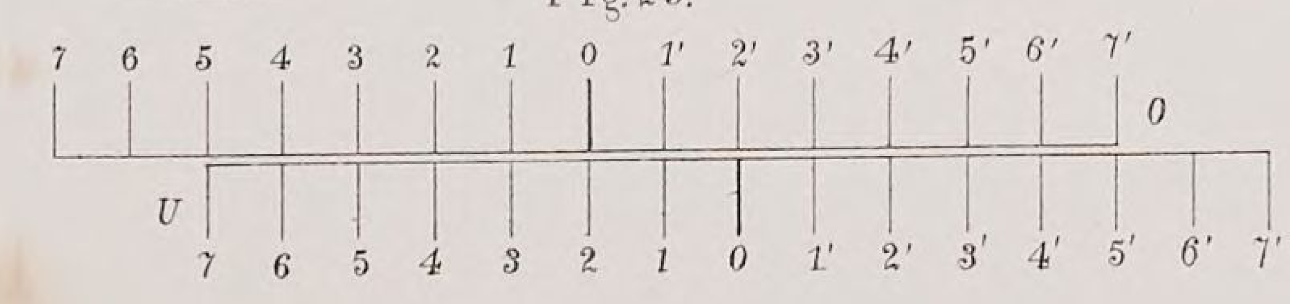
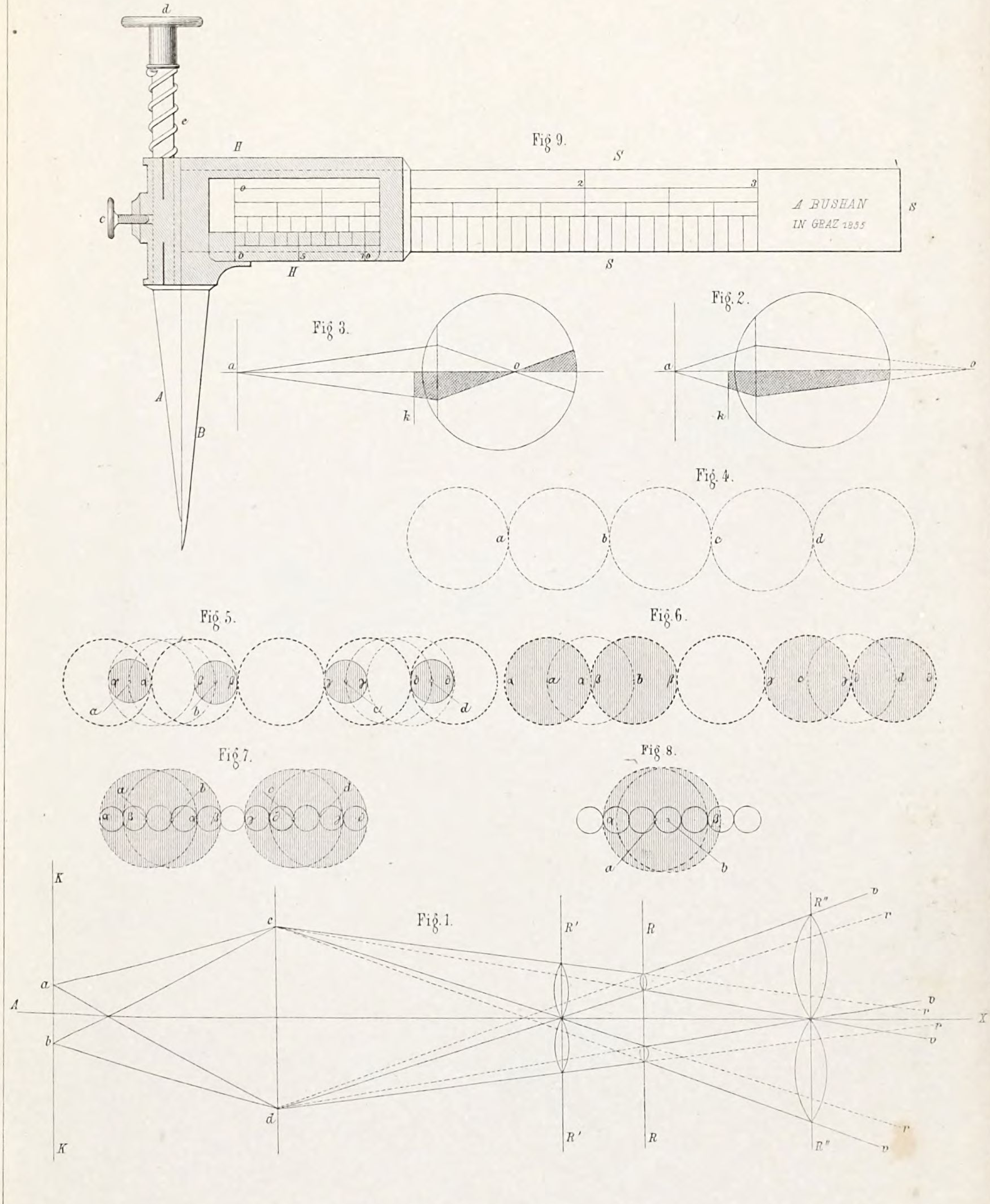


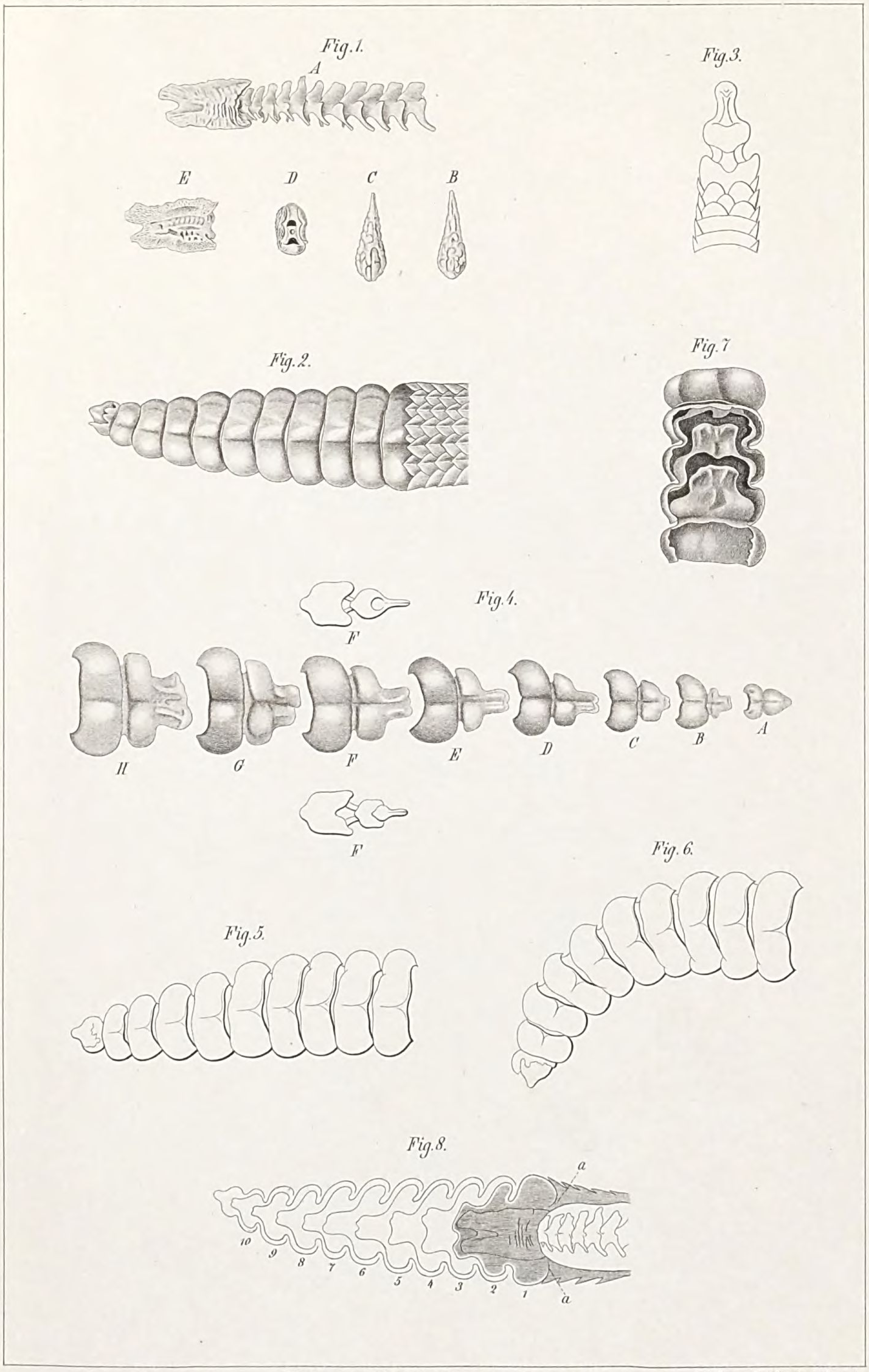
Fig. 25.



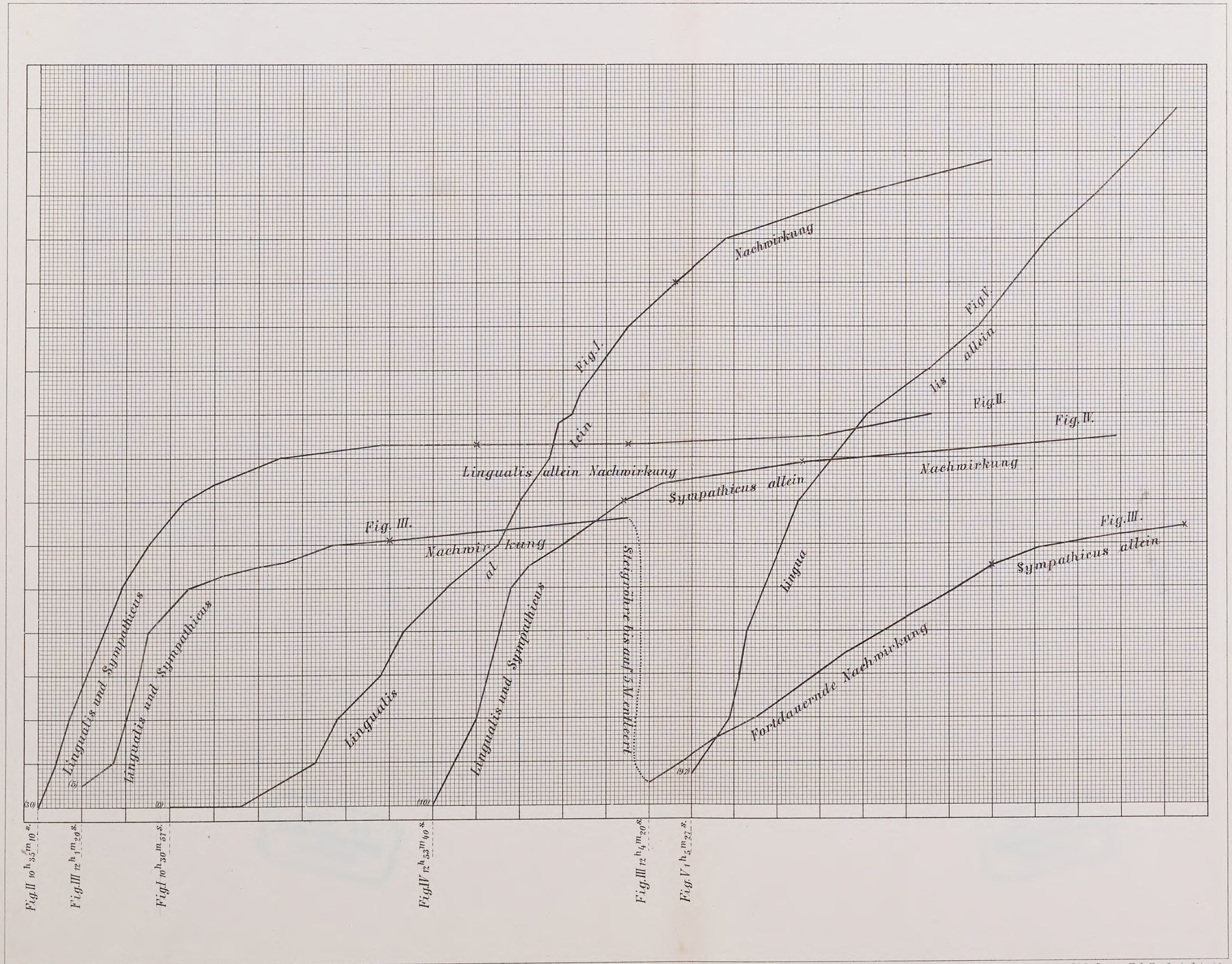
Verlag von Wilh. Engelmann in Leipzig.
Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.



Verlag von Wilh. Engelmann in Leipzig. Lith. Anst. v. F. A. Funke, Leipzig.



Verlag von Wilh. Engelmann in Leipzig.
Lith. Anst. v. E. A. Funke in Leipzig.



Verlag von Wilh. Engelmann in Leipzig.

Lith. Anst. v. E. A. Funke, in Leipzig.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

J.R.HERZOG
BUCHBINDEREI
LEIPZIG

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Czermák, Johann Nepomuk,

Gesammelte Schriften in zwei Bänden

Bd.: 1,1

Leipzig 1879

Bibl.Sud. 2458-1,1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11386988-6